GENERALE PREFABBRICATI

spiroll

edilizia industrializzata

Sede legale e Direzione generale
Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Scalo – 06132 – Perugia
t 075 51 871 – f 075 51 71 145
info@generaleprefabbricatispa.com

Ufficio di Roma
Via Bardanzellu, 77/L – 00155 Roma
t/f 06 4065905
info@generaleprefabbricatispa.com

www.generaleprefabbricati.com
info@generaleprefabbricatispa.com

Uffici e Stabilimento di S. Salvo - CH
viale Italia, 2 – zona industriale
66050 San Salvo – CH
t 0873 34 26 26 – f 0873 34 60 46
vibrotec@generaleprefabbricatispa.com

CE Certificato FPC 1305-CPD-0440
EN 1168:2005+A3:2011
EN 13225:2004/AC:2006
EN 13224:2004+A1:2007
EN 13693:2004
EN 14992:2007
EN 15050:2007

Stabilimento di Bettona - PG
str. Vic. del Chiascio Vecchio
Loc. Campagna 06084 Bettona – PG
t 075 98 69 785 – f 075 98 72 11
stabbettona@generaleprefabbricatispa.com

CE Certificato FPC 1305-CPD-0441
EN 1168:2005+A3:2011
EN 13747:2005+A2:2010

Stabilimento di Basaluzzo - AL
via Capriata, 1
15060 Basaluzzo – AL
t 0143 48 97 96 – f 0143 48 91 68
stabbasaluzzo@generaleprefabbricatispa.com

CE Certificato FPC 1305-CPD-0439
EN 1168:2005+A3:2011
EN 13225:2004/AC:2006
EN 15050:2007
EN 15258:2009

ICMQ
NORMA UNI EN ISO 9001
CERTIFICAZIONE SISTEMA QUALITA'

CERTIFICATO N. 95080/06
CERTIFICATO N. 02727/06
CERTIFICATO N. 02710/06

GENERALE PREFABBRICATI S.p.A.
Centro Direzionale Quattrotorri
06132 Ellera Scalo - Perugia
P. IVA 0045965 054 5

Progettista e Direttore dei Lavori
"STRUTTURE" Ing. Nicola Scopa
Ordine Ingegneri Chieti n° 518

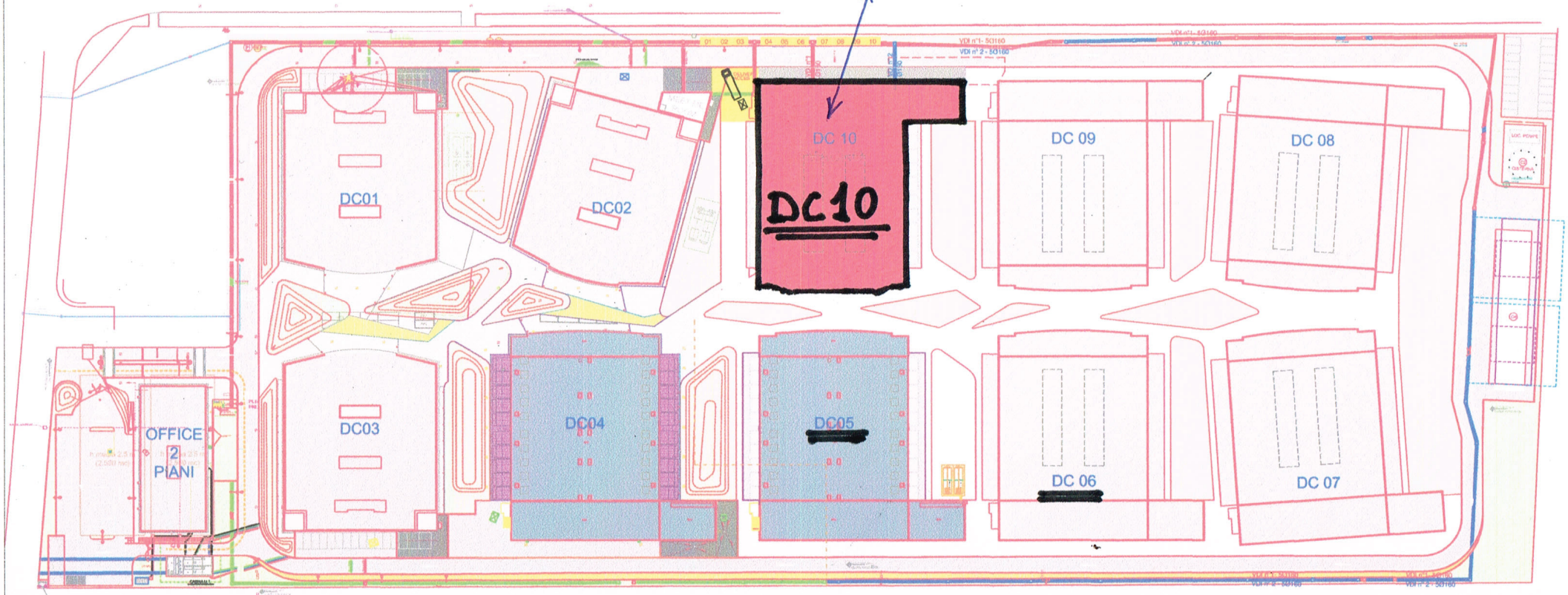
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CHIETI
DOTT ING. SCOPA NICOLA
VASTO
ALBO PROFESSIONALE
N° 518

COMMITTENTE: *DATA 4 ITALY*
P.zza E. Duse, 2
20122 Milano (MI)

CANTIERE : *DATA CENTER **DC10***
da realizzare nel Comune di Settimo Milanese (MI)
in Via Reiss Romoli, 85

OGGETTO : *RELAZIONE GEOLOGICA–GEOTECNICA*
INDAGINI GEOGNOSTICHE

Data emissione
10/04/2020



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CHIETI
DOTT ING. SCOPA NICOLA
VASTO
ALBO PROFESSIONALE
N° 518

DATA4!
WE CARE | WE THINK | WE DELIVER

ECHELLE: Sans

Date indice : 26/03/2020

MILANO
PLAN MASSE
PLAN LIAISONS VDI

MASS	IMO	EXE	SYN	GUI	MP000	00
BAT	EMETTEUR	PHASE	TYPE	LOT	NIV---/NUM--	INDICE

STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI s.r.l.
CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.
VIA MINCIO, 22 - C.A.P. 20139 MILANO TEL. 02.5393977 - FAX 02.5392262
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

SONDAGGI GEOGNOSTICI GEOTECNICI AMBIENTALI GEOARCHEOLOGICI – PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE INDAGINI E RICERCHE GEOLOGICHE E IDROLOGICHE - PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTRICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI
C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO – COD.FISC.-PART.IVA 05092310969 – SOA 3405AL/57/01

Milano, Luglio 2019

Spett.le
GENERALE PREFABBRICATI S.p.A.
CENTRO DIREZIONALE QUATTROTORRI
Ellera Stazione
Perugia

Prot. 6229/6Ca

REALIZZAZIONE EDIFICIO DC05 DC06 DC10

INDAGINE GEOGNOSTICA
RELAZIONE GEOLOGICO – TECNICA (R1+R3)

SETTIMO MILANESE (MI) - VIA REISS ROMOLI

Redatta ai sensi
D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011
D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle N.T.C.)

Dott. Geol. Luigi Maurizio Paternò

REVISIONE	DATA	PROTOCOLLO	REDATTO	CONTROLLATO	AUTORIZZATO
1.0	08/07/2019	6229/6Ca	LMP	GCC/LMP	GCC

P.P.V.

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CHIETI
DOTT. ING. SCOPA NICOLA
PROVINCIALE N. 516

GENERALE PREFABBRICATI spa
Calcolatore Strutture
Dott. Ing. NICOLA SCOPA
N. 516 O.I. CHIETI

Direttore dei Lavori Strutture
Dott. Ing. NICOLA SCOPA
N. 516 O.I. CHIETI

SOMMARIO

1.0 PREMESSA E PROGETTO EDILIZIO 3
2.0 VINCOLI E CLASSIFICAZIONE SISMICA 3
2.1 Vincoli urbanistici e idrogeologici 3
2.2 Classificazione sismica 3
3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO 4
3.1 Ubicazione geografica 4
3.2 Inquadramento geomorfologico 4
3.3 Inquadramento geologico ed idrogeologico 4
4.0 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA 5
4.1 Pericolosità geomorfologica e idrogeologica 5
4.2 Pericolosità sismica locale 5
4.2.1 Scenari di rischio sismico 6
4.2.2 Dati in ingresso 6
4.2.3 Elaborazione e risultati 7
5.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE 8
5.1 Prove penetrometriche e modello geologico-tecnico 8
5.2 Modello geotecnico e parametri caratteristici del sito. 9
6.0 CONCLUSIONI 10
7.0 ALLEGATI 11
7.1 Riferimenti corografici e cartografici. 11
7.2 Estratto Carta Tecnica regionale 1:10.000 12
7.3 Allegato fuori testo Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. - Disegno 6229/6C 13
7.4 Allegato fuori testo Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. Relazione prot. 6229/5A 13

1.0 PREMESSA E PROGETTO EDILIZIO

Il presente documento ha lo scopo d'illustrare i caratteri geologici e geologico-tecnici di un'area avente dimensioni di circa 64x64 m^2 ($\approx$ 4000 m^2) sulla quale viene realizzato un edificio prefabbricato destinato a contenere apparecchiature elettroniche connesse alla gestione di reti informatiche. Non è prevista la presenza costante di personale e l'attività della strumentazione si svolge in gran parte in modo autonomo.

L'area è iscritta a catasto ai mappali 80-97 foglio 15 del Catasto Comunale di Settimo Milanese ed ha accesso da via Reiss Romoli, 85.

La presente relazione è basata sulle indagini dirette in sito ubicate nelle pertinenze dell'opera e consistenti in n. 2 verticali SCPT (denominate NN 11 e 12) condotte con modalità DPSHB e n. 1 stendimento MASW (MASW 2).

Le norme tecniche utilizzate per impostrare struttura e contenuto del presente documento sono omogenee alle linee normative fissate con DECRETO MINISTERIALE (INFRASTRUTTURE) 14 GENNAIO 2008 - APPROVAZIONE DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (**NTC 2008**) - G.U. N. 29 DEL 4 FEBBRAIO 2008 AGGIORNATE CON DECRETO MINISTERIALE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 17 GENNAIO 2018-AGGIORNAMENTO DELLE «**NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**» - SUPPLEMENTO ORDINARIO ALLA G.U. N. 42 DEL 20 FEBBRAIO 2018 - SERIE GENERALE.

Legislazione locale di riferimento: D.G.R. Regione Lombardia 7374/2008, D.G.R. Regione Lombardia IX/2616 del 30 novembre 2011, D.G.R. X/2129 del 11 luglio 2014.

2.0 VINCOLI E CLASSIFICAZIONE SISMICA

2.1 Vincoli urbanistici e idrogeologici

In base all'attuale PGT Comunale[1] l'area è indicata in piano in classe di fattibilità 2, con modeste limitazioni:

> "La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo per scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. "[2].

In particolare, essendo assenti altri vincoli idraulici, ambientali, paesaggistici, la limitazione inerente la classe, nell'area in parola, si concretizza con una vulnerabilità media ed elevata della falda superficiale, questa a sua volta generata da una ridotta soggiacenza ed una variabilità stagionale piuttosto pronunciata, legata ai cicli irrigui del territorio di Settimo Milanese.

2.2 Classificazione sismica

Il territorio comunale di Settimo Milanese ricade nel gruppo di aree individuate dalla Regione Lombardia[3] in Zona 4 di Pericolosità Sismica di Base (PSB) - con pericolosità sismica estremamente bassa e con valori di $a_g < 0,05$ g:

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03015211	MI	SETTIMO MILANESE	4	0,044794

[1]Comune di Settimo Milanese - AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALLO STRUMENTO URBANISTICO GENERALE (P.G.T.) L.R. n. 12 /2005 D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 3908 - Dott. Geol. Alberto Venegoni - Febbraio 2009.
[2] Allegato 7 dello studio di cui in (1): Carta di fattibilità geologica 1:5000 - Dicembre 2008.
[3] Delibera Giunta regionale 11 luglio 2014 - n. X/2129 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)

Non sono presenti in area particolari conformazioni morfologiche e/o litologiche tali da presupporre un aumento sostanziale del rischio sismico[4] ; è altresì vero che i termini litologici riscontrati durante le attività di campo, desunti da dati bibliografici e registrati nella cartografia comunale ufficiale[5] ci indicano la presenza più che probabile di sabbie sature le quali potrebbero, potenzialmente, fluidificare in ragione di eventi sismici particolarmente significativi. Per tale motivo nella presente relazione si esporranno i risultati di un'analisi sismica condotta con i criteri dettati dalle NTC 2018 ed orientata alla definizione di un eventuale rischio di fluidificazione secondo i diversi scenari di stato limite previsti dalla normativa tecnica vigente.

3.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 Ubicazione geografica

Il territorio comunale di SETTIMO MILANESE, che si estende su una superficie di circa 10 kmq, si sviluppa nell'ambito delle quote 144.0 m s.l.m. e 125.0 m s.l.m. e confina con i seguenti comuni: NORD RHO, OVEST CORNAREDO, SUD-OVEST CUSAGO, SUD e EST MILANO[6].

In particolare, l'area in esame è collocata nella porzione meridionale del Comune, a ridosso del limite comunale di Cornaredo. L'area è cartografata nella sezione B6A2 della CTR 1:10000.

3.2 Inquadramento geomorfologico

Come già esposto nel precedente paragrafo, il territorio Comunale di Settimo Milanese è sostanzialmente pianeggiante; l'area è ubicata in un contesto con quote medie di circa 132-134 m s.l.m. la cui continuità non è interrotta da alcun elemento morfologico di rilievo.

3.3 Inquadramento geologico ed idrogeologico

Dal punto di vista geologico e geolitologico l'area è caratterizzata dalla presenza di depositi fluviali ascrivibili all'ultimo ciclo deposizionale postglaciale; in cartografia geolitologica di supporto al PGT[7] viene cartografata nell'ambito dell'unità definita del "Diluvium Recente"; pur essendo tale definizione ormai desueta in ambito geologico è, ai fini della presente relazione, indicativa della presenza di materiali granulari prevalenti (ghiaie, sabbie e limi) con subordinate e più rare presenze di orizzonti argillosi e argilloso-limosi.

L'acqua di prima falda si dovrebbe collocare all'incirca alla quota di 5-8 m da piano campagna[8]. Durante le attività di esecuzione delle prove DPSH[9] si osserva suolo ascitto fino a 0,9-1,7 m da piano campagna, poi foro ostruito.

Non è detto che la presenza di foro ostruito sia automaticamente indice di una falda e, laddove presente acqua, non è detto che tale corpo saturo abbia carattere di continuità spaziale e temporale [data la natura del suolo subsuperficiale potrebbe trattarsi di una falda episodica sospesa] ma, essendo proposta in sede di progettazione strutturale, una soluzione con fondazioni

[4] Allegato 5 dello studio di cui in (1): Carta della Pericolosità Sismica Locale 1:5000 - Dicembre 2008.
[5] Allegato 1 dello studio di cui in (1): Carta Geolitologica con elementi pedologici 1:5000 - Dicembre 2008.
[6] Estratto testuale della Relazione Geologica di cui in (1).
[7] Vedasi nota (5).
[8] Allegato 3 dello studio di cui in (1): Carta Idrogeologica e Idrografica 1:5000 - Dicembre 2008.
[9] Disegno 6229/6B Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l.

superficiali nastriformi da collocarsi a -2,5 m da p.c. si suggerisce una certa cautela, almeno in fase di gestione della costruzione, in considerazione di possibili venute d'acqua o interferenze della stessa con le strutture di fondazione, acqua che potrebbe anche giungere a quote soprafondazione per effetto di una risalita capillare e, quindi, della creazione di sovratensioni interstiziali anche in zone del sottosuolo teoricamente insature.

4.0 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

L'analisi della pericolosità geologica, qui presentata in forma qualitativa, consente un sommario inquadramento di eventuali scenari di rischio idrogeologico.

4.1 Pericolosità geomorfologica e idrogeologica

Non son presenti pendii di rilevo pertanto sono esclusi fenomeni geomorfologici e/o gravitativi. L'area non rientra in alcuna classe di rischio idrogeologico e non ricade in alcuna fascia PAI di vincolo.

La limitata soggiacenza della falda e le sue escursioni stagionali possono costituire elemento di rischio idrogeologico per quanto relativo alla vulnerabilità della stessa.

4.2 Pericolosità sismica locale

In base ai dati desunti da n. 1 prova MASW[10] si possono classificare i terreni d'imposta dei manufatti in categoria C[11]:

> "C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs_{30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Per il territorio comunale di Settimo Milanese (D.G.R. 7374/2008) sono previsti i seguenti fattori di amplificazione comunale (FCA):

PR	CM	COMUNE	INTERVALLO [s]	FCA			
				B	C	D	E
15	211	SETTIMO MILANESE	0.1 - 0.5	1.4	1.9	2.2	2.0
			0.5 - 1.5	1.7	2.4	4.2	3.1

Non dovendosi procedere ad analisi sismica di II livello i dati di cui sopra sono forniti solo in forma documentaria e per integrare il quadro progettuale.

[10] Relazione Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. prot. 6229/5A del giugno 2014
[11] NTC 2018

4.2.1 Scenari di rischio sismico

Nell'ambito delle verifiche relative al rischio sismico si sono considerati i quattro scenari di stati limite: SLO, SLD, SLV e SLC. L'assunzione di partenza, estremamente estensiva, è legata alla natura geologica dell'area d'intorno rappresentativa del sito, caratterizzata dalla presenza di orizzonti sabbiosi, praticamente saturi fin dai primi metri di sottosuolo.

4.2.2 Dati in ingresso

Il punto di riferimento collegato all'area è il punto baricentrico della stessa con le seguenti coordinate

	LAT [°]	LONG [°]
WGS84	45.471163	9.038106
ED50	45.472099	9.039169

Si prevede per la costruzione in progetto, Classe d'Uso I[12] corrispondente ad un coefficiente d'uso (Cu) 0,7 per una durata nominale Vn di **50** anni e, pertanto, una Vr [Vn*Cu] di 35 anni.

In queste condizioni si ricavano i seguenti periodi di ritorno T_r da prendere in considerazione per le elaborazioni successive:

Stato limite	Pvr %	Tr [anni]
SLO	81	30.00
SLD	63	35.20
SLV	10	332.19
SLC	5	682.35

In base alle coordinate inserite e T_r calcolati si ottengono, per gli stati limite definiti, i seguenti valori di accelerazione, Fo e T*c:

Stato limite	a_g	a_g [m/s²]	Fo [adim]	T*c [s]
SLO	0.1718	0.0172	2.5472	0.1600
SLD	0.1842	0.0184	2.5396	0.1688
SLV	0.3957	0.0396	2.6592	0.2605
SLC	0.4763	0.0476	2.7015	0.2910

Il programma utilizzato per le interpolazioni spaziali e per per le elaborazioni dati è SPETTRI - Vers. 1.8 implementato e distribuito da IngegneriaSoft.com

[12] NTC 2018 2.4.2

4.2.3 Elaborazione e risultati

Si procede in prima istanza, data la natura litologica del terreno alla definizione di eventuali scenari di liquefazione.

Per tale verifica è necessario considerare l'accelerazione massima data dall'accelerazione ricavata mediante interpolazione con i nodi della maglia sismica (vedasi precedente tabella) moltiplicata per fattori di amplificazione legati alla morfologia topografica dell'area e alla natura del deposito.

Per aree pianeggianti il fattore di amplificazione topografica (S_t) risulta uguale a 1 (in quanto non sono presenti in area scarpate con H > 10 m) mentre per depositi di categoria C il fattore di amplificazione stratigrafica (S_s) risulta essere dato dalla relazione

$$1{,}00 \leq \mathbf{S_s} = 1{,}70 - 0{,}6*(\mathbf{Fo})*\mathbf{a_g/g} \leq 1{,}50$$

Nel caso specifico si ricaverà

STATO LIMITE	ag	a_g [g]	a_g [m/s²]	F_o	$F_o*(a_g/g)$	Ss	Ss
SLD	0,1718	0,0172	0,1685	2,5472	0,0438	1,6737	1,5
SLO	0,1842	0,0184	0,1806	2,5396	0,0468	1,6719	1,5
SLV	0,3957	0,0396	0,3880	2,6592	0,1052	1,6369	1,5
SLC	0,4763	0,0476	0,4671	2,7015	0,1287	1,6228	1,5

Essendo:

$$ag_{max} = S_t*S_s*a_g$$

Si ricava la seguente tabella:

STATO LIMITE	ag	a_g [g]	St	Ss	a_{gmax} [g]
SLD	0,1718	0,0172	1,0	1,5	0,026
SLO	0,1842	0,0184	1,0	1,5	0,028
SLV	0,3957	0,0396	1,0	1,5	0,059
SLC	0,4763	0,0476	1,0	1,5	0,071

Le NCT 2018 indicano che l'analisi di liquefazione viene omessa (ridondante) quando il terreno saturo suscettibile a tale fenomeno risulti interessato da a_{gmax} < 0,1 g pertanto per nessuno degli scenari di rischio analizzati risulta necessario un approfondimento sull'eventuale liquefazione dei terreni sottofalda. I relativi spettri di risposta sismica, essendo funzione della progettazione strutturale, saranno presentati in sede di relazione di progettazione geotecnica.

5.0 INDAGINI GEOGNOSTICHE DIRETTE

5.1 Prove penetrometriche e modello geologico-tecnico

L'area è stata indagata (27/06/2019) a mezzo di n. 2 verticali penetrometriche SCPT condotte con penetrometro superpesante (DPSH). Le verticali si sono spinte fino a -19,0 m circa dal piano campagna posizionabile a circa 132,93 m s.l.m., quota considerata come "zero" di progetto. I diagrammi penetrometrici e relativa ubicazione sono presentati in allegato fuori testo[13].

Le prove penetrometriche eseguite, al netto dell'inevitabile variazione statistica, sono sovrapponibili e indicano una certa uniformità e omogeneità della distribuzione volumetrica del sostrato di fondazione; in base ai dati di campo e alla letteratura bibliografica della zona è stata evidenziata la presenza di tre orizzonti aventi caratteristiche litologiche distinte[14]:

Strato	da m p.c.	a m p.c.	Litologia presuntiva
1	0.00	6.60	Riporto superficiale compattato di deposizione probabilmente antropica antica, (0.00 - 0.50/0.70 m) su terreno in situ prevalentemente sabbioso non addensato. A quota -6.60 m circa la variazione delle resistenze senza sostanziale variazione del rapporto tra penetrazione alla punta e infissione del rivestimento indicano la presenza di una tavola d'acqua oscillante su questa quota. Composizione del terreno essenzialmente granulare: la presenza di materiale fine è subordinata e marginale, terreno a supporto clastico prevalente con comportamento geomeccanico sostanzialmente elastico. Insaturo.
2	6.60	12.60	Sabbia media con ghiaia debolmente limosa. La percentuale di materiale fine aumenta con la profondità e questo strato può essere considerato di transizione al sottostante. Composizione prevalente granulare con aumento della resistenza laterale sostanzialmente confrontabile con la curva di aumento della resistenza alla punta. Comportamento geomeccanico elastico. Saturo.
3	> 12.60		Ghiaia con sabbia in matrice limosa, debolmente ciottolosa e supporto di matrice. È caratterizzato da un lieve aumento della resistenza penetrometrica che è associabile a terreni di media densità. Composizione mista con aumento della compagine fine che determina una sostanziale variazione di comportamento geomeccanico. I materiali sono a supporto di matrice limosa e si può considerare la geomeccanica dell'orizzonte in campo elasto-plastico. Saturo.

[13] Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. - Disegno 6229/6C
[14] Vedasi nota (9)

5.2 Modello geotecnico e parametri caratteristici del sito.

In conformità alle indicazioni delle NTC 2008 - 2018 ed Eurocodice 7 si è eseguita, sui valori dei delle risposte dei terreni, un'analisi statistica.

L'analisi è stata condotta per uniformità classificativa (analisi spaziale) considerando come volume significativo la somma dei volumi di ogni singola classe individuata con il criterio di cui al precedente paragrafo e riferita alla totalità della sezione geologico tecnica,

La relazione statistica applicata è la seguente:

$$X_c = X_m * (1 - K_m*s)$$

X_c = valore caratteristico del parametro X

X_m = valore medio del parametro X

s = rapporto Deviazione Standard / X_m

$K_m = 6,891*e(-0,6661*n) + 0,8315*e(-0,03509*n)$

n = numero dei valori campione

Si ottengono pertanto i seguenti valori Nspt caratteristici:

		VALORI MEDI DPSH: COLPI/30 cm							VALORI CARATTERISTICI N_{SCPT}			VALORI CARATTERISTICI NSPT(*)
STRATO	n	MEDIA (X_m)	σ^2	σ	max	min	σ^2_{max}	σ_{max}	K_m	s (σ/X_m)	$X_c = X_m * (1 - K_m*s)$	$N_{SPT} = N_{SCPT}*[W*H/(6,2*D^2*L)]$
1	44	5,3	3,8	2,0	10,0	2,0	16,0	4,0	0,1776	0,3716	4,9037	6
2	39	6,7	7,9	2,8	14,0	3,0	30,3	5,5	0,2116	0,4179	6,1262	7
3	39	16,6	25,9	5,1	27,0	7,0	100,0	10,0	0,2116	0,3064	15,5478	18

(*) Relazione di La Croix - Horn (1973)

$NSPT = N_{SCPT}*[W*H/(6,2*D^2*L)]$

				f = [W*H/(6,2*D²*L)]
W	Peso del maglio	kg	73,50	1,162125155
H	Altezza di caduta	cm	75,00	
D	Diametro punta	cm	5,05	
L	Penetrazione	cm	30,00	

Le correlazioni con i parametri geotecnici utilizzate per il calcolo degli stessi sono tutte funzione di Nspt pertanto, una volta calcolati i valori statisticamente corretti di Nspt ($Nspt_{caratteristici}$), ne deriva che

$$X_c = X(N_{sptc})$$

in cui X_c è il valore caratteristico di un qualsivoglia parametro geotecnico X in funzione di Nscpt, Nspt caratteristico.

In base a tale uguaglianza si ottiene la seguente tabella di parametri geotecnici statisticamente corretti (parametri caratteristici) secondo Eurocodice 7:

	VALORI CARATTERISTICI NSPT(*)		COMPONENTE GRANULARE					COMPONENTE COESIVA			
STRATO	N_{SPT}	R_{pd}	DR	ϕ'	E'	γ_{sat}	γ_s	C_u	γ_{sat}	W	e
1	6	20,1	21,7	28,4	238	1,89	1,43				
2	7	22,0	25,0	28,8	245	1,90	1,45				
3	18	27,7	47,00	32,4	330	1.98	1,57	1,13	2,00	26,0	0,708

R_{pd}	Resistenza dinamica alla punta		kg/cm^2
DR	Densità relativa		%
ϕ'	Angolo attrito efficace		°
E'	Modulo di deformazione drenato		kg/cm^2
γ_{sat}	Peso di volume saturo		t/m^3

C_u	Coesione non drenata	kg/cm^2
W	Contenuto d'acqua	%
e	Indice dei vuoti	adim
γ_s	Peso di volume secco	t/m^3

La progettazione geotecnica, pertanto, farà riferimento ai parametri di cui sopra per le verifiche di stato limite secondo normativa vigente.

In base a quanto sopra esposto, ai dati rilevati in sito e ai valori riportati durante le prove, il modello geologico-tecnico prevede la presenza di n. 3 strati aventi carattatteristiche geomeccaniche da buone ad ottime.

Si osserva che gli strati superficiali (1 e 2) hanno densità relativa rispettivamente di 21,7 e 25,0%. In queste condizioni per fondazioni superficiali è necessario procedere, in fase di progettazione geotecnica, alla verifica di rotture per punzonamento del sostrato di fondazione.

6.0 CONCLUSIONI

A seguito delle osservazioni e misurazioni in loco, delle rilevazioni cartografiche e dei dati tecnici bibliografici risulta che:

1) Non sono presenti particolari rischi idrogeologici generali o locali.
2) I materiali di sottostrato non presentano caratteristiche sismicamente rilevanti e la morfologia dell'area non è tale da innescare fenomeni di amplificazione sismica. La verifica sismica per la liquefazione non è stata condotta in quanto $a_{gmax} < 0,1$ g per i periodi di ritorno previsti per l'opera.
3) Sono presenti in sito materiali di fondazione con capacità portanti da buone ad ottime per le quali non è comunque necessario, a parere dello scrivente, prevedere particolari opere preliminari di miglioramento.
4) E' consigliato, soprattutto in fase di gestione dell'edificio, un approfondimento sulla dinamica delle acque subsuperficiali, soprattutto in relazione a possibili risalite capillari.

Per quanto finora visto l'opera nel suo complesso è compatibile con il quadro generale geologico, litologico, sismico e idraulico dell'area.

Dott. Geol. Luigi Maurizio Paternò

7.0 ALLEGATI

7.1 Riferimenti corografici e cartografici.

Figura 1 - Ripresa satellitare Google

Monte mario / Gauss Boaga zona 1 EPSG:3003

Est: 1503006.40 Nord: 5035313.64

ED50 / UTM Zone 32N EPSG:23032

Est: 503051.60 Nord: 5035491.06

ED50 EPSG:4230

Lon: 9.039169 Lat: 45.472099

WGS84 EPSG:4326

Lon: 9.036106 Lat: 45.471163

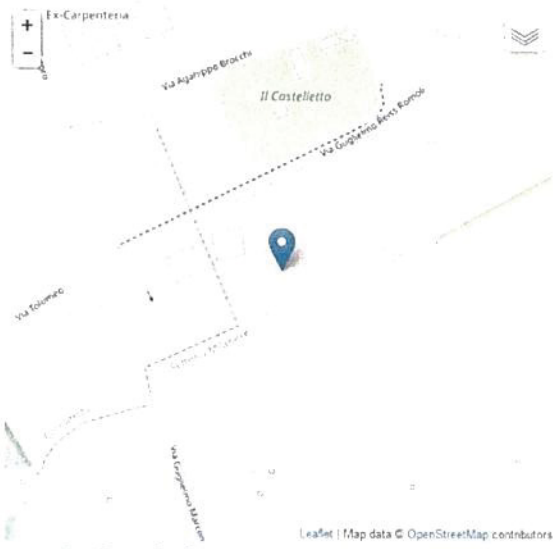


Figura 2 - Stradario

7.2 Estratto Carta Tecnica regionale 1:10.000

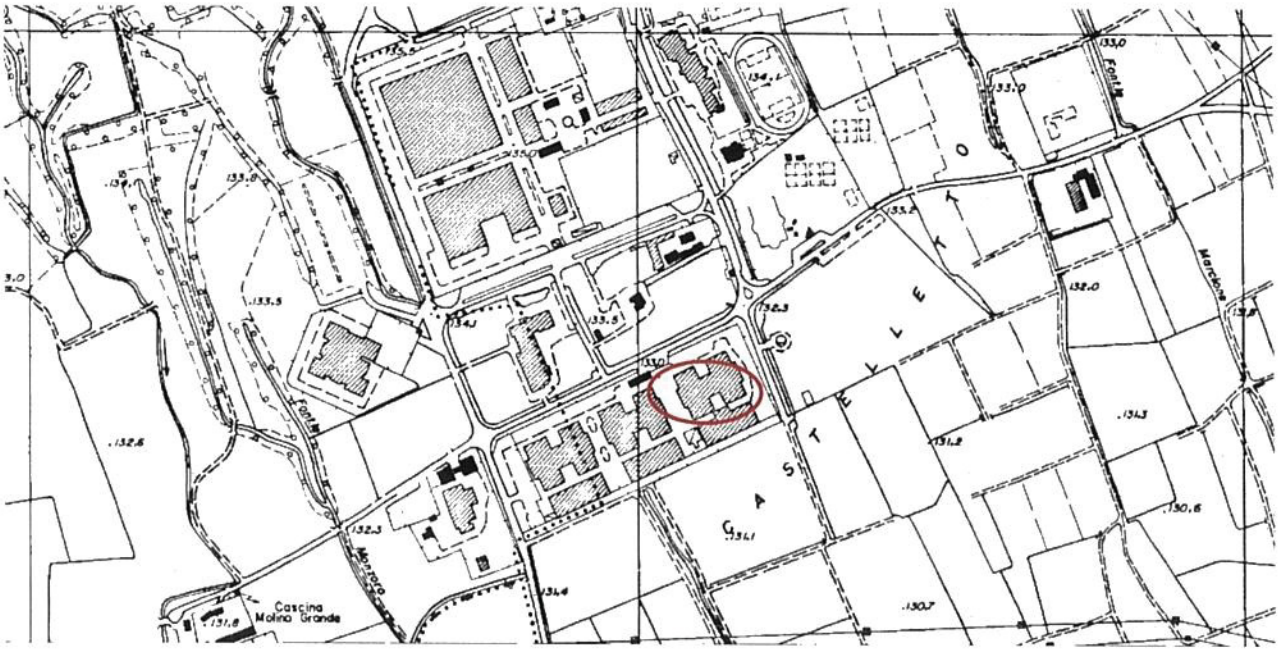


Figura 3 - Estratto CTR 1:10.000 - Maglia 1 km x 1 km

7.3 Allegato fuori testo Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. - Disegno 6229/6C

7.4 Allegato fuori testo Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. Relazione prot. 6229/5A

STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI s.r.l.
CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.
VIA MINCIO, 22 – C.A.P. 20139 MILANO TEL. 02.5393977 – FAX 02.5392262
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

SONDAGGI GEOGNOSTICI GEOTECNICI AMBIENTALI GEOARCHEOLOGICI – PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE INDAGINI E RICERCHE GEOLOGICHE E IDROLOGICHE - PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTRICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI
C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO – COD.FISC.-PART.IVA 05092310969 – SOA 3405AL/57/01

Milano, Luglio 2019

Prot. 6229/6Cb

Spett.le
GENERALE PREFABBRICATI S.p.A.
CENTRO DIREZIONALE QUATTROTORRI
Ellera Stazione
Perugia

REALIZZAZIONE EDIFICIO DC05 / DC06 / DC10

INDAGINE GEOGNOSTICA
RELAZIONE DI PROGETTAZIONE GEOTECNICA
(R2)

SETTIMO MILANESE (MI) - VIA REISS ROMOLI

Redatta ai sensi
D.G.R. IX/2616 del 30 novembre 2011
D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle N.T.C.)

Dott. Geol. Luigi Maurizio Paternò

REVISIONE	DATA	PROTOCOLLO	REDATTO	CONTROLLATO	AUTORIZZATO
1.0	09/07/2019	6229/6Cb	LMP	GCC/LMP	GCC

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CHIETI
DOTT. ING. SCOPA NICOLA
VISTO ALBO PROFESSIONALE N. 518

P.P.V.

GENERALE PREFABBRICATI spa
Calcolatore Strutture
Dott. Ing. NICOLA SCOPA
N. 518 O.I. CHIETI

Direttore dei Lavori Strutture
Dott. Ing. NICOLA SCOPA
N. 518 O.I. CHIETI

SOMMARIO

1.0 PREMESSA E PROGETTO EDILIZIO ____ **3**
2.0 SINTESI DELL'INQUADRAMENTO GEOLOGICO TECNICO ____ **3**
2.1 Vincoli urbanistici e caratteri geologici, idrogeologici, morfologici ____ 3
2.2 Pericolosità geomorfologica, idrogeologica e sismica ____ 4
2.3 Modello geotecnico e parametri caratteristici del sito ____ 5
3.0 DATI E DEFINIZIONE PROGETTUALE ____ **8**
3.1 Verifiche preliminari - Rottura per punzonamento ____ 8
3.2 Verifiche preliminari - spettri di progetto ____ 10
4.0 VERIFICHE GEOTECNICHE NTC 2018 ____ **12**
5.0 CONCLUSIONI E FEEDBACK GEOTECNICO ____ **15**
6.0 ALLEGATI ____ **16**
6.1 Riferimenti corografici e cartografici. ____ 16
6.2 Estratto Carta Tecnica regionale 1:10.000 ____ 17
6.3 Allegato fuori testo Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. - Disegno 6229/6C ____ 18
6.4 Allegato fuori testo Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. Relazione prot. 6229/5A ____ 18

1.0 PREMESSA E PROGETTO EDILIZIO

Il presente documento ha lo scopo d'illustrare i caratteri geotecnici di un'area avente dimensioni di circa 64x64 m^2 ($\approx$ 4000 m^2) e loro interazioni con le fondazioni di un edificio prefabbricato destinato a contenere apparecchiature elettroniche connesse alla gestione di reti informatiche. Non è prevista la presenza costante di personale e l'attività della strumentazione si svolge in gran parte in modo autonomo.

L'area è iscritta a catasto ai mappali 80-97 foglio 15 del Catasto Comunale di Settimo Milanese ed ha accesso da via Reiss Romoli, 85.

La presente relazione è basata sulle indagini dirette in sito ubicate nelle pertinenze dell'opera e consistenti in n. 2 verticali SCPT (denominate NN 11 e 12) condotte con modalità DPSHB e n. 1 stendimento MASW (MASW 2) e sulla relazione geologica e geologico-tecnica R1+R3 redatta da Dott. Geol. Luigi Maurizio Paternò - Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. - in data 08/07/2019 Prot. 6229/6Ca.

Le norme tecniche utilizzate per impostrare struttura e contenuto del presente documento sono omogenee alle linee normative fissate con DECRETO MINISTERIALE (INFRASTRUTTURE) 14 GENNAIO 2008 - APPROVAZIONE DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (**NTC 2008**) - G.U. N. 29 DEL 4 FEBBRAIO 2008 AGGIORNATE CON DECRETO MINISTERIALE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 17 GENNAIO 2018-AGGIORNAMENTO DELLE «**NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**» - SUPPLEMENTO ORDINARIO ALLA G.U. N. 42 DEL 20 FEBBRAIO 2018 - SERIE GENERALE.

Legislazione locale di riferimento: D.G.R. Regione Lombardia 7374/2008, D.G.R. Regione Lombardia IX/2616 del 30 novembre 2011, D.G.R. X/2129 del 11 luglio 2014.

2.0 SINTESI DELL'INQUADRAMENTO GEOLOGICO TECNICO

2.1 Vincoli urbanistici e caratteri geologici, idrogeologici, morfologici

L'area è cartografata nella sezione B6A2 della CTR 1:10000 ed è ubicata all'interno del sedime comunale di Settimo Milanese.

Il territorio Comunale di Settimo Milanese è sostanzialmente pianeggiante; l'area è ubicata in un contesto con quote medie di circa 132-134 m s.l.m. la cui continuità non è interrotta da alcun elemento morfologico di rilievo.

In base all'attuale PGT Comunale[1] l'area è indicata in piano in classe di fattibilità 2, con modeste limitazioni:

> "La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo per scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. "[2].

Il territorio comunale di Settimo Milanese ricade nel gruppo di aree individuate dalla Regione Lombardia[3] in Zona 4 di Pericolosità Sismica di Base (PSB) - con pericolosità sismica estremamente bassa e con valori di $a_g < 0,05$ g:

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03015211	MI	SETTIMO MILANESE	4	0,044794

[1]Comune di Settimo Milanese - AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALLO STRUMENTO URBANISTICO GENERALE (P.G.T.) L.R. n. 12 /2005 D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 3908 - Dott. Geol. Alberto Venegoni - Febbraio 2009.

[2] Allegato 7 dello studio di cui in (1): Carta di fattibilità geologica 1:5000 - Dicembre 2008.

[3] Delibera Giunta regionale 11 luglio 2014 - n. X/2129 - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)

Non sono presenti in area particolari conformazioni morfologiche e/o litologiche tali da presupporre un aumento sostanziale del rischio sismico[4] a parte potenziali possibili liquefazioni/fluidificazioni del terreno di sostrato di fondazione, esclusi in quanto non sono previste, per la classe d'uso dell'edificio (I) e relativi tempi di ritorno, accelerazioni superiori o uguali a 0,1 g.

Dal punto di vista geologico e geolitologico l'area è caratterizzata dalla presenza di depositi fluviali ascrivibili all'ultimo ciclo deposizionale postglaciale; in cartografia geolitologica di supporto al PGT[5] viene cartografata nell'ambito dell'unità definita del "Diluvium Recente"; pur essendo tale definizione ormai desueta in ambito geologico è, ai fini della presente relazione, indicativa della presenza di materiali granulari prevalenti (ghiaie, sabbie e limi) con subordinate e più rare presenze di orizzonti argillosi e argilloso-limosi.

L'acqua di prima falda si dovrebbe collocare all'incirca alla quota di 5-8 m da piano campagna[6].

2.2 Pericolosità geomorfologica, idrogeologica e sismica

L'analisi della pericolosità geologica, qui presentata in forma qualitativa, consente un sommario inquadramento di eventuali scenari di rischio idrogeologico.

Non son presenti pendii di rilevo pertanto sono esclusi fenomeni geomorfologici e/o gravitativi. L'area non rientra in alcuna classe di rischio idrogeologico e non ricade in alcuna fascia PAI di vincolo.

La limitata soggiacenza della falda e le sue escursioni stagionali possono costituire elemento di rischio idrogeologico per quanto relativo alla vulnerabilità della stessa.

In base ai dati desunti da n. 1 prova MASW[7] si possono classificare i terreni d'imposta dei manufatti in categoria C[8]:

"C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del Vs_{30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Nell'ambito delle verifiche relative al rischio sismico si sono considerati i quattro scenari di stati limite: SLO, SLD, SLV e SLC.

Il punto di riferimento collegato all'area è il punto baricentrico della stessa con le seguenti coordinate

	LAT [°]	LONG [°]
WGS84	45.471163	9.038106
ED50	45.472099	9.039169

Si prevede per la costruzione in progetto, Classe d'Uso I[9] corrispondente ad un coefficiente d'uso (Cu) 0,7 per una durata nominale Vn di **50** anni e, pertanto, una Vr [Vn*Cu] di 35 anni.

[4] Allegato 5 dello studio di cui in (1): Carta della Pericolosità Sismica Locale 1:5000 - Dicembre 2008.
[5] Vedasi nota (5).
[6] Allegato 3 dello studio di cui in (1): Carta Idrogeologica e Idrografica 1:5000 - Dicembre 2008.
[7] Relazione Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. prot. 6229/5A del giugno 2014
[8] NTC 2018
[9] NTC 2018 2.4.2

In queste condizioni si ricavano i seguenti periodi di ritorno T_r da prendere in considerazione per le elaborazioni successive:

Stato limite	Pvr %	Tr [anni]
SLO	81	30.00
SLD	63	35.20
SLV	10	332.19
SLC	5	682.35

In base alle coordinate inserite e T_r calcolati si ottengono, per gli stati limite definiti, i seguenti valori di accelerazione, Fo e T*c:

Stato limite	a_g	a_g [m/s²]	Fo [adim]	T*c [s]
SLO	0.1718	0.0172	2.5472	0.1600
SLD	0.1842	0.0184	2.5396	0.1688
SLV	0.3957	0.0396	2.6592	0.2605
SLC	0.4763	0.0476	2.7015	0.2910

Il programma utilizzato per le interpolazioni spaziali e per per le elaborazioni dati è SPETTRI - Vers. 1.8 implementato e distribuito da IngegneriaSoft.com.

STATO LIMITE	ag	a_g [g]	St	Ss	a_{gmax} [g]
SLD	0.1718	0.0172	1.0	1.5	0.026
SLO	0.1842	0.0184	1.0	1.5	0.028
SLV	0.3957	0.0396	1.0	1.5	0.059
SLC	0.4763	0.0476	1.0	1.5	0.071

Il terreno saturo potenzialmente suscettibile a fenomeni di liquefazione/fluidificazione non risulta interessato da $a_{gmax} > 0,1$ per nessuno degli scenari di rischio analizzati quindi non risulta necessario un approfondimento sull'eventuale liquefazione dei terreni sottofalda.

I relativi spettri di risposta sismica, essendo funzione della progettazione strutturale, saranno presentati nei seguenti paragrafi pertinenti.

2.3 Modello geotecnico e parametri caratteristici del sito

L'area è stata indagata (27/06/2019) a mezzo di n. 2 verticali penetrometriche SCPT condotte con penetrometro superpesante (DPSHB). Le verticali si sono spinte fino a -19,0 m circa dal piano campagna posizionabile a circa 132,93 m s.l.m., quota considerata come "zero" di progetto. I diagrammi penetrometrici e relativa ubicazione sono presentati in allegato fuori testo[10].

Le prove penetrometriche eseguite, al netto dell'inevitabile variazione statistica, sono sovrapponibili e indicano una certa uniformità e omogeneità della distribuzione volumetrica del sostrato di fondazione.

[10] Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. - Disegno 6229/6B

Strato	da m p.c.	a m p.c.	Litologia presuntiva
1	0.00	6.60	Riporto superficiale compattato di deposizione probabilmente antropica antica, (0.00 - 0.50/0.70 m) su terreno in situ prevalentemente sabbioso non addensato. A quota -6.60 m circa la variazione delle resistenze senza sostanziale variazione del rapporto tra penetrazione alla punta e infissione del rivestimento indicano la presenza di una tavola d'acqua oscillante su questa quota. Composizione del terreno essenzialmente granulare: la presenza di materiale fine è subordinata e marginale, terreno a supporto clastico prevalente con comportamento geomeccanico sostanzialmente elastico. Insaturo.
2	6.60	12.60	Sabbia media con ghiaia debolmente limosa. La percentuale di materiale fine aumenta con la profondità e questo strato può essere considerato di transizione al sottostante. Composizione prevalente granulare con aumento della resistenza laterale sostanzialmente confrontabile con la curva di aumento della resistenza alla punta. Comportamento geomeccanico elastico. Saturo.
3	> 12.60		Ghiaia con sabbia in matrice limosa, debolmente ciottolosa e supporto di matrice. È caratterizzato da un lieve aumento della resistenza penetrometrica che è associabile a terreni di media densità. Composizione mista con aumento della compagine fine che determina una sostanziale variazione di comportamento geomeccanico. I materiali sono a supporto di matrice limosa e si può considerare la geomeccanica dell'orizzonte in campo elasto-plastico. Saturo.

In conformità alle indicazioni delle 2018 si è eseguita, sui valori delle risposte dei terreni, un'analisi statistica.

La relazione statistica applicata è la seguente:

$$X_c = X_m * (1 - K_m * s)$$

X_c = valore caratteristico del parametro X

X_m = valore medio del parametro X

s = rapporto Deviazione Standard / X_m

$K_m = 6{,}891*e(-0{,}6661*n) + 0{,}8315*e(-0{,}03509*n)$

n = numero dei valori campione

Si ottengono pertanto i seguenti valori Nspt caratteristici:

		VALORI MEDI DPSH: COLPI/30 cm							VALORI CARATTERISTICI N_{SCPT}			VALORI CARATTERISTICI NSPT(*)
STRATO	n	MEDIA (X_m)	σ^2	σ	max	min	σ^2_{max}	σ_{max}	K_m	s (σ/X_m)	$X_c = X_m * (1 - K_m * s)$	$N_{SPT} = N_{SCPT}*[W*H/(6,2*D^2*L)]$
1	44	5,3	3,8	2,0	10,0	2,0	16,0	4,0	0,1776	0,3716	4,9037	6
2	39	6,7	7,9	2,8	14,0	3,0	30,3	5,5	0,2116	0,4179	6,1262	7
3	39	16,6	25,9	5,1	27,0	7,0	100,0	10,0	0,2116	0,3064	15,5478	18

(*) Relazione di La Croix - Horn (1973)

$NSPT = N_{SCPT}*[W*H/(6,2*D^2*L)]$

				f = [W*H/(6,2*D²*L)]
W	Peso del maglio	kg	73,50	1,162125155
H	Altezza di caduta	cm	75,00	
D	Diametro punta	cm	5,05	
L	Penetrazione	cm	30,00	

Le correlazioni con i parametri geotecnici utilizzate per il calcolo degli stessi sono tutte funzione di Nspt pertanto, una volta calcolati i valori statisticamente corretti di Nspt ($Nspt_{caratteristici}$), ne deriva che

$$X_c = X(N_{sptc})$$

in cui X_c è il valore caratteristico di un qualsivoglia parametro geotecnico X in funzione di Nscpt, Nspt caratteristico.

In base a tale uguaglianza si ottiene la seguente tabella di parametri geotecnici statisticamente corretti (parametri caratteristici) secondo Eurocodice 7:

	VALORI CARATTERISTICI NSPT(*)		COMPONENTE GRANULARE					COMPONENTE COESIVA			
STRATO	N_{SPT}	R_{pd}	DR	ϕ'	E'	γ_{sat}	γ_s	C_u	γ_{sat}	W	e
1	6	20,1	21,7	28,4	238	1,89	1,43				
2	7	22,0	25,0	28,8	245	1,90	1,45				
3	18	27,7	47,00	32,4	330	1.98	1,57	1,13	2,00	26,0	0,708

R_{pd}	Resistenza dinamica alla punta		kg/cm^2
DR	Densità relativa		%
ϕ'	Angolo attrito efficace		°
E'	Modulo di deformazione drenato		kg/cm^2
γ_{sat}	Peso di volume saturo		t/m^3

C_u	Coesione non drenata	kg/cm^2
W	Contenuto d'acqua	%
e	Indice dei vuoti	adim
γ_s	Peso di volume secco	t/m^3

La presente progettazione geotecnica, pertanto, farà riferimento ai parametri di cui sopra per le verifiche di stato limite secondo normativa vigente.

Si osserva che gli strati superficiali (1 e 2) hanno densità relativa rispettivamente di 21,7% e 25,0%. In queste condizioni per fondazioni superficiali è necessario procedere, in fase di progettazione geotecnica, alla verifica di rotture per punzonamento del sostrato di fondazione.

3.0 DATI E DEFINIZIONE PROGETTUALE

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche e meccaniche dei terreni in esame ed in considerazione delle caratteristiche strutturali e di carico di quanto in progetto, si ritiene ammissibile in prima istanza l'adozione delle fondazioni dirette nastriformi previste dal progetto impostate alla quota Q_f = -2,5 m da piano di riferimento. A tale quota sono presenti in tutta l'area i terreni dello strato 1 che, pur avendo associate caratteristiche meccaniche meno favorevoli dei sottostanti, possono sviluppare una resistenza in linea con le esigenze del progetto. Nelle note seguenti di tali fondazioni sarà condotta l'analisi di resistenza e di deformazione.

La larghezza dei nastri di fondazione varia da 1,2 m a 2,5 m con lunghezze variabili da 6,0 m a 12,5 m e con carichi trasmessi al terreno da 171,5 KPa a 181,6 KPa.

Come noto sia la capacità portante sia i cedimenti sia le reazioni del sottofondo sono funzione della geometria della fondazione stessa quindi, pur considerando in modo semplificativo i valori di carico come carico totale strutturale, non strutturale permanente e del peso proprio delle fondazioni necessita definire, ove possibile, caso per caso le verifiche geotecniche previste secondo normativa.

Uno schema sinottico dei valori geometrici di cui sopra e dei carichi previsti è il seguente:

Tipo trave	d	B	L	Q				
	[m]	[m]	[m]	[KPa]	[Pa]	[kg/m^2]	[kg]	[kg/cm^2]
1	0,40	1,20	6,00	171,50	171500	17482	125870,4	1,7
2	0,40	1,40	7,00	172,20	172200	17554	172029,2	1,8
3	0,40	1,80	9,00	174,00	174000	17737	287339,4	1,8
4	0,40	2,00	10,00	181,60	181600	18512	370240,0	**1,9**
5	0,40	2,50	12,50	179,60	179600	18308	572125,0	1,8

Dal punto di vista della geometria di dissipazione delle tensioni su superficie di carico nastriforme il tipo (5) giunge a 0,08Q a profondità di 20 m da piano di posa (8*2,5 m) mentre il tipo (1) giunge a 0,08Q a profondità di 9,6 m dal piano di posa (8*1,2 m); il carico lineare al piede è di 185117 kg/m per il tipo (4) e di 228848 kg/m per il tipo (5) e, complessivamente, le travi di tipo (4) scaricano 1,9 kg/cm^2 su terreno.

L'edificio nel suo complesso avrà altezza di colmo di circa 6 m e, data la tipologia di costruzione (prefebbricato) la rigidità complessiva dell'intelaiato di fondazione risulterà superiore a quella della struttura sovrastante con comportamento complessivo della costruzione di tipo rigido non dissipativo, classe di duttilità CD'B (bassa).

3.1 Verifiche preliminari - Rottura per punzonamento

Il base ai risultati della relazione geologica e geologico-tecnica lo strato superficiale d'imposta delle fondazioni potrebbe potenzialmente presentare un comportamento reologico tale da ingenerare rotture per punzonamento (punching) in quanto presenta densità relativa 21,7%.

In queste condizioni (A. Vesić, 1975) non è possibile escludere a priori un meccanismo di rottura per punzonamento (SLU) con produzione di piani di rottura orizzontali e pianoparalleli. E' pertanto necessario, prima di definire quali coefficienti inserire nella formula trinomia usualmente utilizzata per il calcolo della restistenza del terreno Q_{limite}, verificare con modello analitico se il meccanismo di rottura potrà o meno essere di tipo generalizzato o per punzonamento.

Per determinare in modo analitico se potrà avvenire una rottura per punzonamento bisogna fare riferimento agli indici di rigidità del terreno applicato al modello sitospecifico.

Si definisce $I_{r,critico}$ l'indice adimensionale la cui formulazione è la seguente:

$$Ir, critico = \frac{1}{2} * e\text{^}[(3.30 - 0.45 * \left(\frac{B}{L}\right)] * cotg(45° - \varphi'/2)$$

Essendo, nel caso specifico, qualsiasi siano le travi considerate, sempre B/L = 0,2 e φ = 28,4° risulta $I_{r,critico}$ = **109,40** per qualsivoglia tipologia di fondazione considerata.

Si definisce indice di rigidità o Ir il rapporto

$$Ir = Go/(c+\sigma*tang\varphi')$$

in cui Go, modulo di taglio iniziale, è ricavabile dalla relazione

$$Go = \rho*[Vs]^2 \text{ [MPa]}$$

E σ [MPa] è il carico litostatico medio calcolato alla profondità convenzionale di D+B/2, ovvero nel caso specifico della trave di tipo (5), alla profondità di 3,75 (D+B/2 = 2,50 m + 1,25 m) m da piano campagna.

Lo strato d'imposta delle fondazioni ha velocità Vs misurata[11] di circa 200 m/s e densità (kg_m/m^3) di circa 146 pertanto si ottiene un modulo Go = 5,83 MPa.

Con un carico litostatico di 0,054 MPa (profondità di circa 3,75 m), considerando nulli gli apporti in termini di coesione, si ottiene un indice Ir = **201** che risulta >> rispetto Ir,critico (109,40) e, pertanto, lo strato di appoggio delle fondazioni non sarà soggetto a rottura per punzonamento.

Se non lo sarà per B = 2,5 m non lo sarà per le altre tipologie di fondazione in quanto diminuendo B/2 si avrà una diminuzione del valore σ*tangφ' al denominatore di Ir, con conseguente aumento dell'indice medesimo e maggiore siurezza.

E' quindi possibile affermare che se potranno intervenire fenomeni di rottura nel terreno sotto fondazione essi non seguiranno un modello di rottura per punzonamento e che la formula trinomia applicata per la definizione delle capacità portanti (rottura generalizzata) è adeguata per il calcolo delle resistenze dei terreni di sottofondazione.

[11] Vedasi Relazione Geologica prot. 62296Ca - Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. - Dott. Geol. Luigi Maurizio Paternò 08/07/2019.

3.2 Verifiche preliminari - spettri di progetto

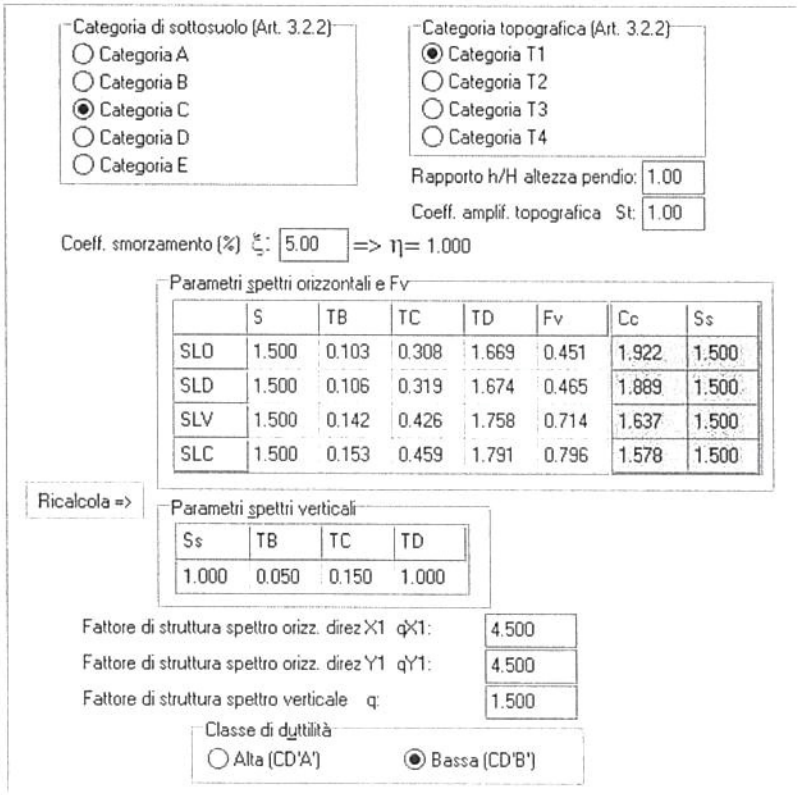
In base ai seguenti dati sismici sito-specifici ed alla tipologia di duttilità dell'edificio (CD"B")[12] si assume quanto segue:

1) La fondazione è in c.a. Teoricamente la duttilità complessiva del sistema fondazione-struttura dovrebbe essere maggiore rispetto la sola fondazione ma, in modo conservativo, si assimila tutta la struttura ad una classe dissipativa media.

2) Si utilizza come coefficiente di smorzamento ξ il valore standard 5%, valido per strutture in c.a. con relativo η = 1,000 come da relazione[13]

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5+\xi}} \geq 0.55$$

In base a tali assunzioni si ottiene il seguente schema di dati in input:

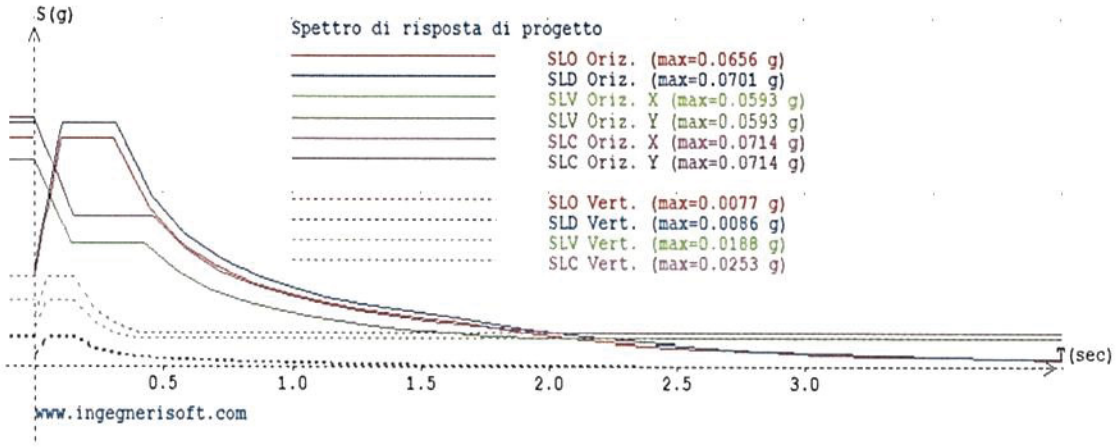


	S	TB	TC	TD	Fv	Cc	Ss
SLO	1.500	0.103	0.308	1.669	0.451	1.922	1.500
SLD	1.500	0.106	0.319	1.674	0.465	1.889	1.500
SLV	1.500	0.142	0.426	1.758	0.714	1.637	1.500
SLC	1.500	0.153	0.459	1.791	0.796	1.578	1.500

Ss	TB	TC	TD
1.000	0.050	0.150	1.000

[12] NTC 2018 - 7.2.2. Capacità dissipativa media
[13] NTC 2018 - [3.2.4]

Lo spettro di progetto conseguente è, pertanto, il seguente:



4.0 VERIFICHE GEOTECNICHE NTC 2018

MODELLO GEOTECNICO

Parametri geotecnici	DR	φ'	tang(φ')	E'	γ_{sat}	γ_d	C_u	γ_{sat}	W	e	c'
	21,7	28,4	0,54	238	1,89	1,43	0	0	0	0	0
UDM	%	°sess	[]	kg/cm²	t/m³	t/m³	kg/cm²	t/m³	%	[]	kg/cm²

Coefficienti parziali	DR	φ'	tang(φ')	E'	γ_{sat}	γ_d	C_u	γ_{sat}	W	e	c'
STR (M1)			1		1	1	1	1			1
GEO (M2)			1,25		1	1	1,4	1			1,25
Parametri ridotti	DR	φ'	tang(φ')	E'	γ_{sat}	γ_d	C_u	γ_{sat}	W	e	c'
STR (M1)			0,54		1,89	1,43	0	0			0,00
GEO (M2)			0,43		1,89	1,43	0,00	0,00			0,00
	%	°sess	[]	kg/cm²	t/m³	t/m³	kg/cm²	t/m³	%	[]	kg/cm²

AZIONI SU TERRENO

I calcoli sono stati eseguiti in prima istanza per travi B = 2 m e L = 10 m in quanto su queste vengono ad esercitarsi le maggiori (1,9 kg/cm²) sollecitazioni sul terreno di sottofondo.

(1) carico su fondazione = 370.240,0 kg (struttura + muratura perimetrale + peso proprio della fondazione) -> carico permanente strutturale G1.

(2) Carichi non permanenti (Qkj): carico neve = 150 kg/m² trascurabile rispetto il peso strutturale.

AZIONI					DIMENSIONI TRAVE	
					B (m)	2
G1	G2	P	Q_{k1}		L (m)	10
CARICO E PESO PROPRIO FONDAZIONE	ND	ND	CARICO NEVE		H (m)	0,4
370240	0	0	0	(kg)		
γ_{G1}	γ_{G2}	γ_P	γ_Q			
1,3	1,5	1	1,5	SFAVOREVOLI		
1	1,3	1	1,3	SFAVOREVOLI		

RESISTENZE TERRENO

DIMENSIONI TRAVE					
B (lato corto della fondazione)	2	m	Profondità di posa fondazioni	2,5	m
L (lato lungo della fondazione)	10	m			
H (spessore fondazione)	0,4	m			

Brinch-Hansen (1970)

*NB = per applicare questo modello bisogna ricavare φ' dal parametro corretto tang(φ') mediante l'applicazione dell'arctang(tang(φ'))

STR (M1)	0,495674	arctan(tang(φ'))
GEO (M2)	0,408255	arctan(tang(φ'))

Fattori correttivi							Calcoli di resistenza			
	Nq	Nγ	Nc	coefficienti di forma						
				Sq	Sγ	Sc	Qlim (tonn/m²)	Qlim (kg/cm²)	Rd (kg/cm²)	
STR (M1)	15,370	17,702	26,577	1,108	0,920	0,116	84,179	8,418	**8,418**	STR (R1)
GEO (M2)	9,011	8,660	18,519	1,087	0,920	0,097	46,394	4,639	**2,577**	GEO (R2)

Resistenza (qlim) in campo sismico (Paolucci e Pecker 1997 -da "I Quaderni - Fondazioni superficiali", Carbonella, Rispoli, Franceschini, pag 29]

Relazione di riferimento

$$q_{lim,e} = v_h \cdot v_e \cdot v_i \cdot q_{lim,s}$$

$$v_h = \left(1 - \frac{T}{0.85N}\right)^3 \qquad v_e = \left(1 - \frac{e}{0.50B}\right)^{1.8} \qquad v_i = \left(1 - \frac{k_h}{\tan\phi}\right)^{0.35}$$

T	0	
N	270340	
e	0	
k_h	0,01428	
B	2	
tanφ '	0,54	STR (M1)
tanφ '	0,43	GEO (M2)

vh	ve	vi	qlim,s	qlim,e	Rd (kg/cm²)	
1,000	1,000	0,991	8,418	8,339	**8,339**	STR (M1)
1,000	1,000	0,991	4,639	4,596	**2,553**	GEO (M2)

VERIFICHE

VERIFICA SCIVOLAMENTO BASE FONDAZIONE (SLU)

Non sono previste componenti orizzontali di carico quindi solo verifica in campo sismico per determinazione di H (componente tangenziale).
Viene eseguita con la seguente combinazione di azioni: Ed (A) =Kv(G1 + G2 +P + $\psi_{21}Q_{k1}$) + (G1 + G2 + $\psi_{21}Q_{k1}$)

β(*)	a_{max} (g)	Kh	Kv	c' (aderenza fondazione)	AZIONE	272270
0,2	0,0714	0,014	0,007	0		
(*) (a_{max} < 0.1 g in terreno di tipo C)				(kg)		

Carico di progetto (kg)			272270				
	tang(φ')	c'	δ	tang(δ)	FRd (kg)	Rd (kg)	
STR (M1)	0,54	0,00	0,397	0,419	114005	**114005**	STR (R1)
GEO (M2)	0,43	0,00	0,327	0,339	92227	**83843**	GEO (R2)

	AZIONE	h edificio (m)	C_1	T_1	K_h (m/s²)	K_h (g)	H (kg)	Rd (kg)	H < Rd
STR	272270	6,00	0,075	0,288	0,689	0,070	19123	114005	verificata
GEO	272270	6,00	0,075	0,288	0,689	0,070	19123	83843	verificata

VERIFICA CEDIMENTI

AZIONI

Data l'entità dell'opera si è scelto di operare sui cedimenti reversibili su terreno granulare in "combinazione caratteristica" (più cautelativa) computando i cedimenti con relazione di Schmertman sul periodo di vita previsto per l'edificio (50 anni).

Combinazione azioni	$A = G1 + G2 + P + Q_{k1}$ (kg)		270340		q (kg/m²)	13517,00

C1 corretto per C1 < 0,5

Cedimenti Schmertman Fondazione nastriforme (L >> B)			γ_d (kg/m³)	E' (kg/m²)	σ'v (kg/m²)	q (kg/m²)	$\sigma_{v,0}$ (kg/m²)	Δq (kg/m²)	$I_{z,ed}$ [-]	C_1	$C_{2,t}$	t (anni)	C_2	s (cm)
B	2	m	1430,000	2380000,000	3575,000	13517,000	0,000	13517,000	0,694	1,000	1,000	50,000	2,243	0,885
L	10	m												
Prof. piano posa	2,5	m												

VERIFICA CAPACITA' PORTANTE (SLU)

La verifica Qlim prevede due step: verifica in condizioni statiche (sia in configurazione STR sia in configurazione GEO e la verifica in combinazione sismica per la quale mantenendo fisse le azioni vengono variate in STR e GEO solo le resistenze, parametro R.

STATICO	Azioni			Ed (kg/cm²)	Rd (kg/cm²)	Ed < Rd
	STR	A1 (kg)	351442	1,26	8,42	verificata
	GEO	A2 (kg)	270340	0,97	2,58	verificata
SISMICO	**Azioni**			**Ed (kg/cm²)**	**Rd (kg/cm²)**	**Ed < Rd**
	STR	SISMA	272270	0,98	8,34	verificata
	GEO			0,98	2,55	verificata

TAVOLA SINOTTICA VERIFICHE

In base al procedimento di calcolo presentato per la tipologia di fondazione (4) sono state eseguite tutte le verifiche su ogni tipologia di fondazione prevista. La tavola sinottica dei risultati è presentata a seguire:

CARICO Kg/m²	B m	L m	PESO Kg		Rd Brinch-Hansen (1970)	Rd in campo sismico Paolucci e Pecker (1997)	Verifica scivolamento base fondazione		cedimenti (cm)	Capacità portante SLU		Capacità portante in campo sismico	
					kg/cm²	kg/cm²	H (kg)	Rd (kg)	(cm)	Ed (kg/cm²)	Rd (kg/cm²)	Ed (kg/cm²)	Rd (kg/cm²)
17482	1,2	6	125870,4	STRU	7,4860	7,4140	8904	53081	1,189	0,59	7,42	0,59	7,42
				GEO	2,3240	2,3030	8904	39037		0,45	2,30	0,45	2,30
17554	1,4	7	172029,2	STRU	7,7192	7,6473	12169	72546	1,194	0,80	7,72	0,62	7,65
				GEO	2,3875	2,3653	12169	53353		0,62	2,39	0,62	2,37
17737	1,8	9	287339,4	STRU	8,1850	8,1087	20325	121174	1,208	1,34	8,19	1,04	8,11
				GEO	2,5141	2,4907	20325	89115		1,03	2,51	1,04	2,49
18512	2	10	370240,0	STRU	8,4179	8,3394	26189	156134	1,269	1,73	8,42	1,34	8,34
				GEO	2,5774	2,5534	26189	114826		1,33	2,58	1,34	2,55
18308	2,5	13	572125,0	STRU	9,0002	8,9162	40470	241270	1,253	2,67	9,00	2,07	8,92
				GEO	2,7357	2,7102	40470	177439		2,06	2,74	2,07	2,71

Tutte le tipologie di fondazione nastriforme presentate in fase di progettazione strutturale sono verificate e compatibili alle capacità portanti e caratteristiche del sottosuolo.

5.0 CONCLUSIONI E FEEDBACK GEOTECNICO

La verifica relativa alle capacità portanti in condizioni statiche (GEO, STRU) e dinamiche (SISMA) ha mostrato esito positivo pur considerando il solo terreno immediatamente sotteso alla fondazione, costituito da un orizzonte superficiale con caratteristiche geotecniche meno favorevoli sul quale vengono però dissipate (@ 3-4 m da p.c.) circa il 50% delle sovratensioni.

La verifica dei cedimenti, anch'essa condotta con lo stesso modello di sottosuolo e con la stessa assunzione cautelativa sui carichi, ha evidenziato cedimenti attesi di poco più di 1 cm su un orizzonte di vita dell'opera fissato a 50 anni.

Il terreno di sostrato può supportare i carichi di progetto manifestando una risposta meccanica ampiamente cautelativa nei confronti delle capacità portanti necessarie alla realizzazione delle opere.

Un'azione migliorativa pellicolare operata compattando il fondo di posa e aggiungendo materiale frantumato per tornare in quota è consigliabile per superare lo strato superficiale di materiale disomogeneo ed evitare eventuali (anche se minimi) cedimenti differenziali del sostrato di fondazione.

A parte tale notazione, che non ha carattere prescrittivo, non si ritiene debbano progettarsi particolari attività di miglioramento del terreno d'imposta.

Al fine di pervenire ad una completa validazione della progettazione geotecnica è consigliato di operare le seguenti attività, a scavo di fondazione aperto, atte a fornire il necessario feedback geotecnico al Progettista e/o alla Direzione Lavori:

1) descrizione litostratigrafica e documentazione fotografica delle pareti di scavo con segnalazione di eventuali anomalie, venute d'acqua, orizzonti disomogenei non rilevati durante le attività d'indagine in sito;

2) descrizione litostratigrafica e documentazione fotografica del fondoscavo;

3) Nel punto centrale dello scavo ed ai 4 angoli dello stesso n. 5 saggi con escavatore (trincee) fino a circa -1 m da fondoscavo (-3,5 m da p.c.) con descrizione litostratigrafica e documentazione fotografica delle pareti di trincea e raccolta e conservazione di n. 1 campione composito (fondoscavo e pareti) per ogni trincea.

Dott. Geol. Luigi Maurizio Paternò

6.0 ALLEGATI

6.1 Riferimenti corografici e cartografici.

Figura 1 - Ripresa satellitare Google

Monte mario / Gauss Boaga zona 1 EPSG:3003
Est: 1503006.40 Nord: 5035313.64

ED50 / UTM Zone 32N EPSG:23032
Est: 503061.80 Nord: 5035491.96

ED50 EPSG:4230
Lon: 9.039169 Lat: 45.472099

WGS84 EPSG:4326
Lon: 9.038106 Lat: 45.471163

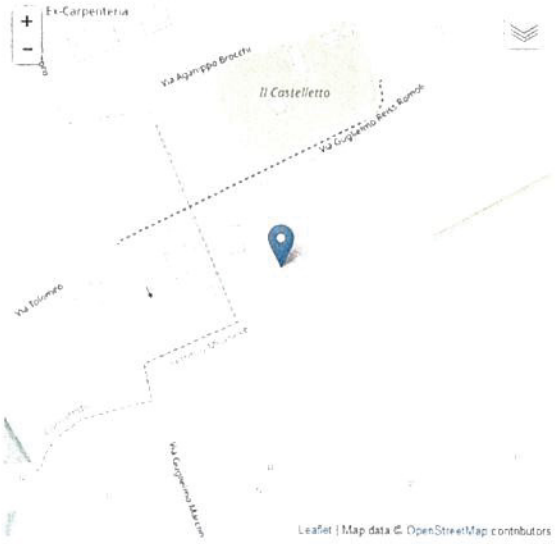


Figura 2 - Stradario

6.2 Estratto Carta Tecnica regionale 1:10.000

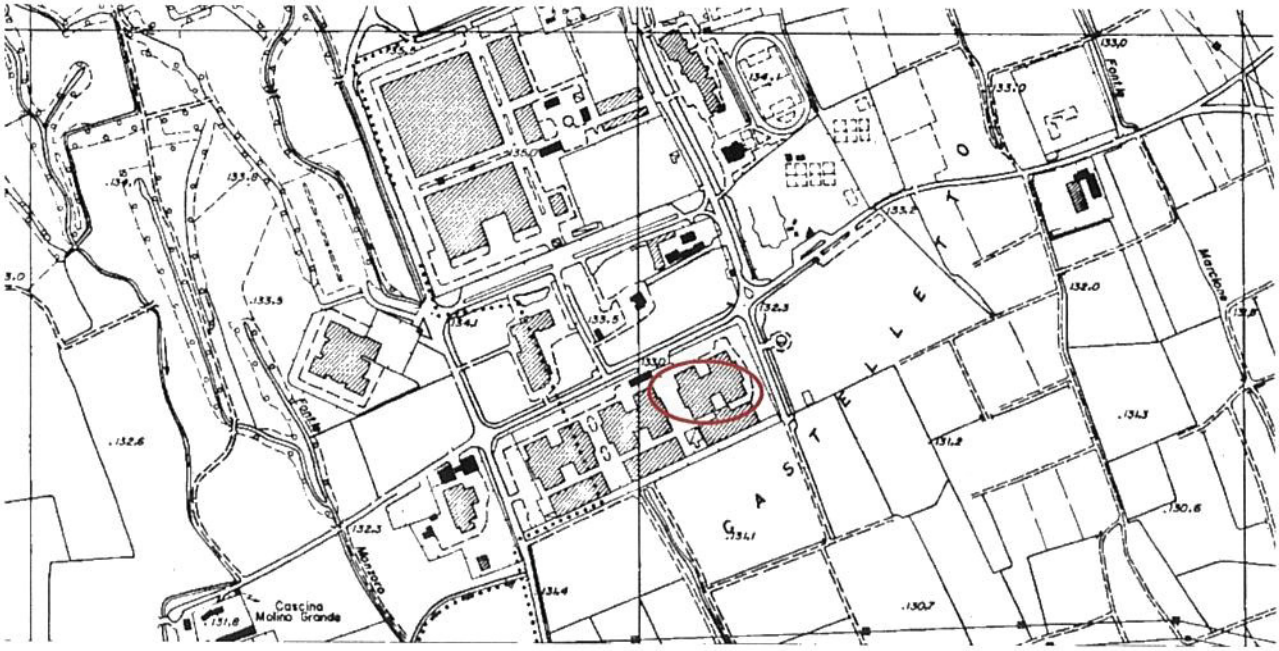


Figura 3 - Estratto CTR 1:10.000 - Maglia 1 km x 1 km

6.3 Allegato fuori testo Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. - Disegno 6229/6C

6.4 Allegato fuori testo Studio Tecnico Geom. Ugo Celotti S.r.l. Relazione prot. 6229/5A

STUDIO TECNICO
Geom. UGO CELOTTI S.R.L.

VIA MINCIO 22 - CAP 20139 MILANO - TEL. 025393977 r.a. - 025392262 FAX
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

INDAGINI GEOGNOSTICHE - PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE
RICERCHE IDROLOGICHE AMBIENTALI - STRUMENTAZIONI GEOTECNICHE
PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI
RILIEVI TOPOGRAFICI - PROSPEZIONI GEOFISICHE E GEOELETTRICHE

GENERALE PREFABBRICATI S.p.A. - Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione - PERUGIA

Prove penetrometriche dinamiche eseguite nel terreno di fondazione dell'edificio DC05 di prossima costruzione in comune di Settimo Milanese (Milano) - Via Reiss Romoli.

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE NN. 11 - 12

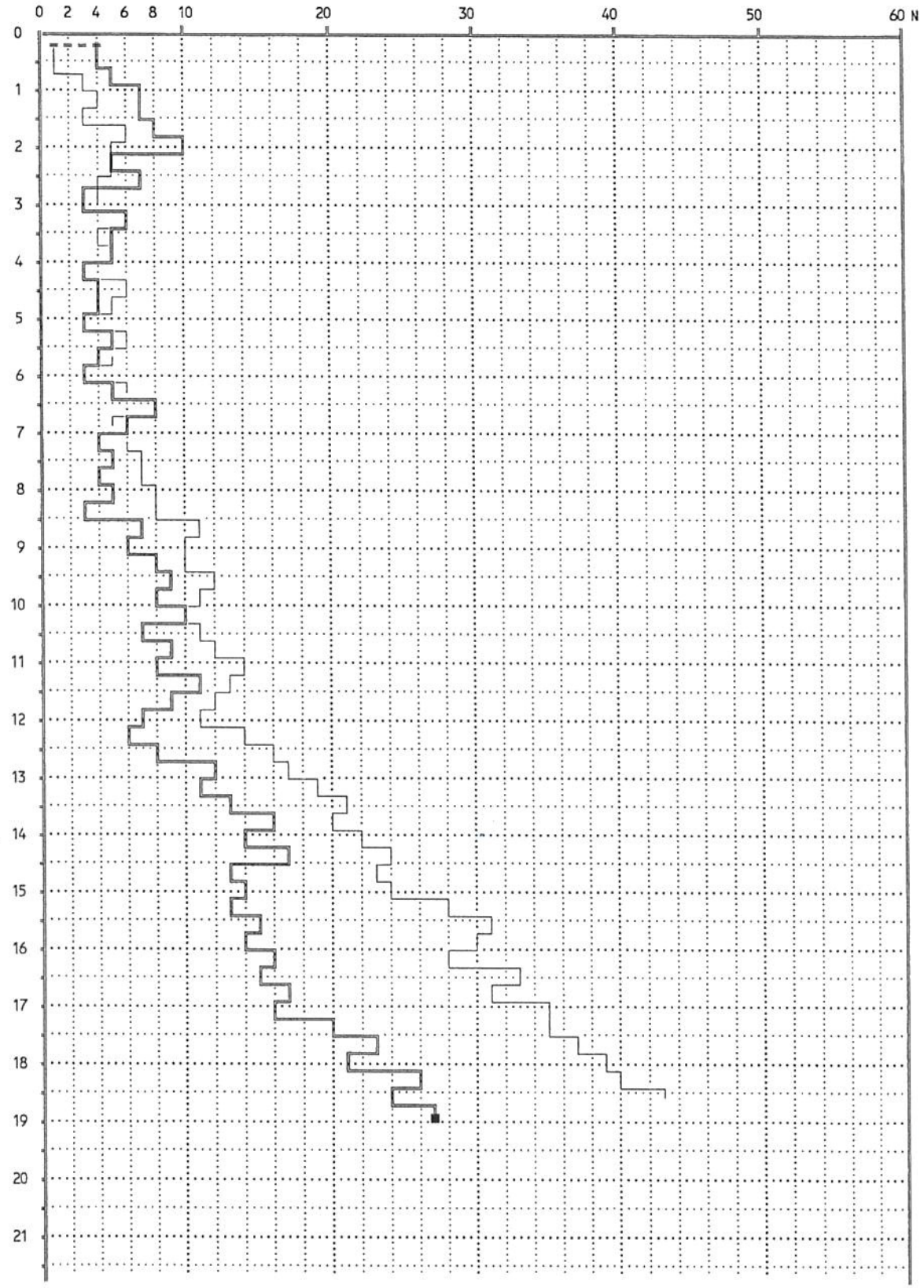
Disegno n. 6229/6C Data: 29 - 06 - 2019

N.B. - Lo zero di riferimento delle profondità coincide con il piano della soglia dell'attuale ingresso carrabile ai capannoni esistenti che corrisponde a m. +132.93 s.l.m. calcolata dalla quota m. +133.30 indicata dalla Committente (v. dis.).

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:11 **DATA: 27-6-2019**

Disegno n°:622911H Località : SETTIMO MILANESE

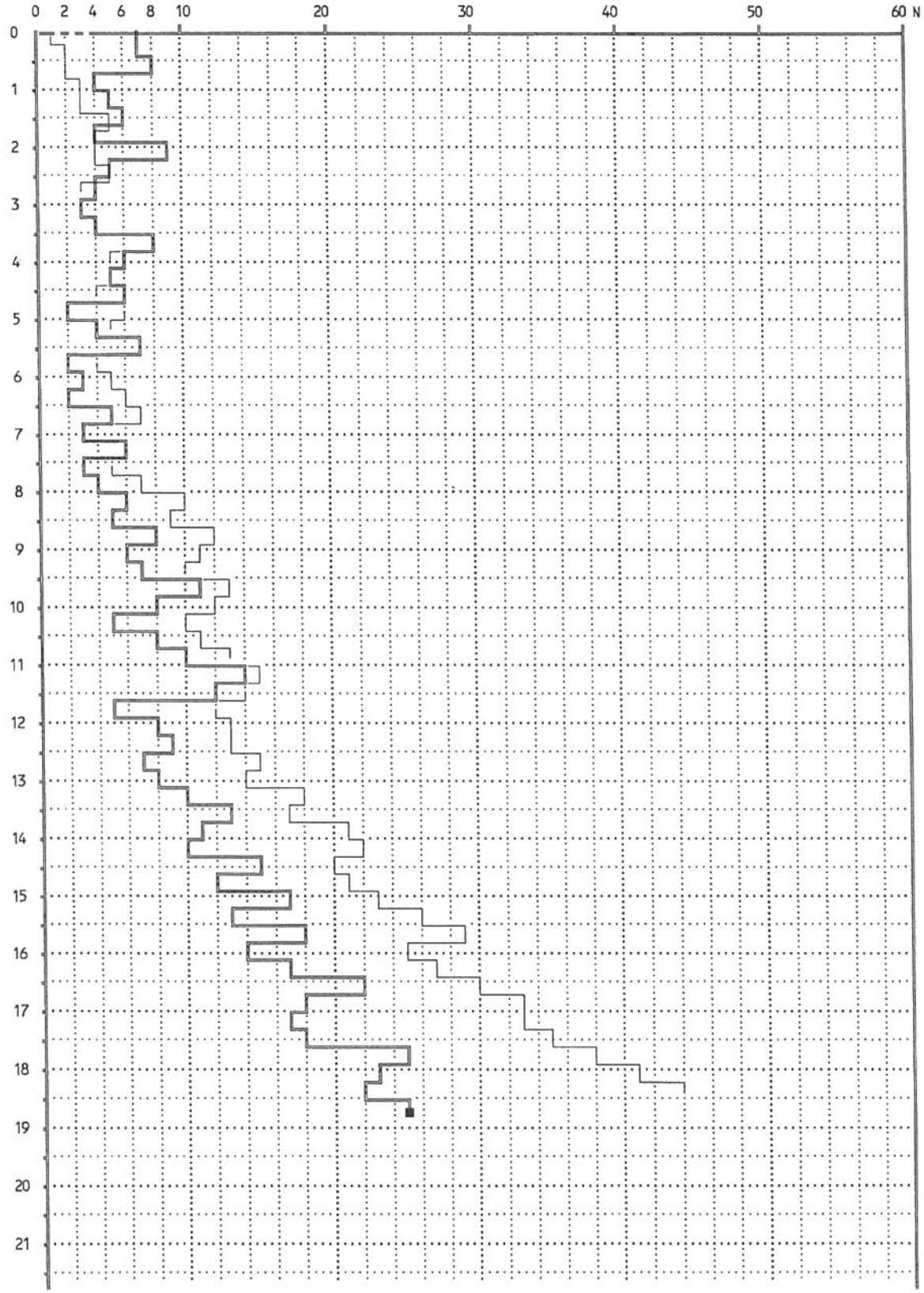
Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.20 Assenza acqua fino a m.1.70 poi foro ostruito ■ Fine prova m.19.00



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA N°:12 **DATA: 27-6-2019**

Disegno n°:622912H Località : SETTIMO MILANESE

Penetrometro con asta isolata dal terreno circostante
N = Numero di colpi/piede di affondamento con mazza battente da 160 libbre e volata da 30 pollici
—— Punta 60° ϕ= 2'' —— Tubazione di rivestimento ϕ = 1''1/2
- - - Inizio prova m. 0.00 Assenza acqua fino a m.0.90 poi foro ostruito ■ Fine prova m.18.80



STUDIO TECNICO GEOM. UGO CELOTTI s.r.l.
CAPITALE SOCIALE EURO 100.000,00 I.V.
VIA MINCIO, 22 – C.A.P. 20139 **MILANO** TEL. 02.5393977 – FAX 02.5392262
e-mail: studiocelotti@studiocelotti.it

SONDAGGI GEOGNOSTICI GEOTECNICI AMBIENTALI GEOARCHEOLOGICI – PROVE SU TERRENI DI FONDAZIONE INDAGINI E RICERCHE GEOLOGICHE E IDROLOGICHE - PERFORAZIONI PROFONDE PER GEOTERMIA PER DISPERSORI PER STRUMENTAZIONI - PROSPEZIONI GEOFISICHE GEOELETTRICHE - RILIEVI TOPOGRAFICI
C.C.I.A.A. REG. DELLE IMPRESE DI MILANO – COD.FISC.-PART.IVA 05092310969 – SOA 5496/58/01

Milano, Giugno 2014

Prot. n. 6229/5A

Spett.le
GENERALE PREFABBRICATI S.p.A.
Centro Direzionale Quattrotorri
Ellera Stazione
06132 PERUGIA

INDAGINE GEOFISICA FINALIZZATA AGLI STUDI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA PER LA RISPOSTA LOCALE METODOLOGIA MASW

SETTIMO MILANESE (Milano)
Via Reiss Romoli

Relazione

INDICE

1 – PREMESSA.....3

2 – CENNI TEORICI.....4

3 – ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI.....5

3.1 – Strumentazione utilizzata.....5

3.2 – Interpretazione dei dati.....6

4 – RISULTATI.....8

5 – CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI.....10

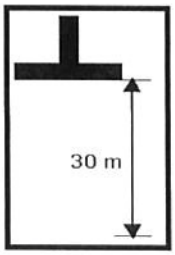
6 – ZONIZZAZIONI SISMICHE PREVISTE DA N.T.C.....10

1 - PREMESSA

Il giorno 11 giugno 2014 è stata eseguita una prospezione geofisica nel terreno di fondazione di un edificio industriale di prossima costruzione in comune di Settimo Milanese (Milano).
Al fine di caratterizzare la risposta sismica della zona in esame è stata registrata una sezione geosismica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), utile a definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs).
Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005).
Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio Vs.
La classificazione dei terreni si basa sul valore medio della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità (Vs30). Essa è definita dalla relazione:

CATEGORIE DI SUOLO DI FONDAZIONE

$$Vs30 = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{hi}{Vi}}$$



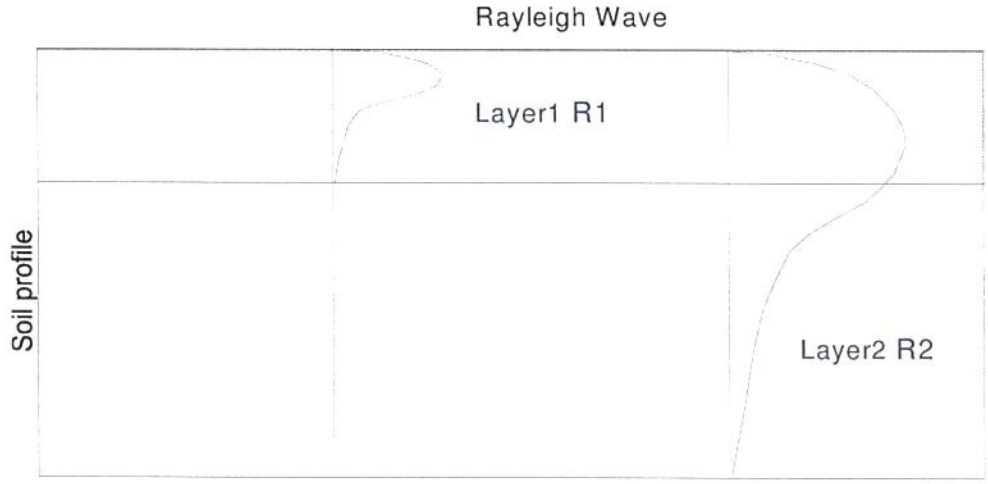
In cui Vi e hi sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato.

2 - CENNI TEORICI

La metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) permette di ricavare le velocità delle onde di taglio verticali Vs dalla determinazione delle velocità delle onde superficiali.

La misura delle velocità delle onde superficiali viene calcolata grazie all'utilizzo di stendimenti di sensori posti in genere a distanze regolari sulla superficie del suolo da indagare.

La porzione che predomina nelle onde superficiali è costituita dalle onde di Rayleigh la cui velocità è correlata alla rigidezza e ai parametri elastici dei suoli attraversati.
E' importante tenere presente che nei mezzi stratificati le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè le alte frequenze e, quindi, con lunghezze d'onda corta, si propagano prevalentemente negli strati più superficiali del terreno, invece le onde con lunghezze maggiori tendono a coinvolgere gli strati più profondi così come di seguito illustrato.



La metodologia MASW può essere sia *attiva* che *passiva* o la combinazione di entrambe. Nel sistema attivo le onde superficiali vengono generate in un punto noto in modo non casuale e vengono registrate da stendimenti lineari di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento di ricezione può essere sia lineare che circolare e si misura il rumore di fondo ambientale esistente.

Il metodo attivo è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perchè fornisce con un miglior dettaglio il profilo delle velocità sismiche nei primi 30 metri da piano campagna. Infatti si ottiene una curva dispersione per un range di frequenze normalmente comprese tra i 5 ed i 70 Hz la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo in funzione anche delle sue caratteristiche elastiche.

Dall'utilizzo del metodo passivo invece si ottiene una maggiore investigazione in termini di profondità ma una minore risoluzione delle velocità degli strati, soprattutto quelli più superficiali.

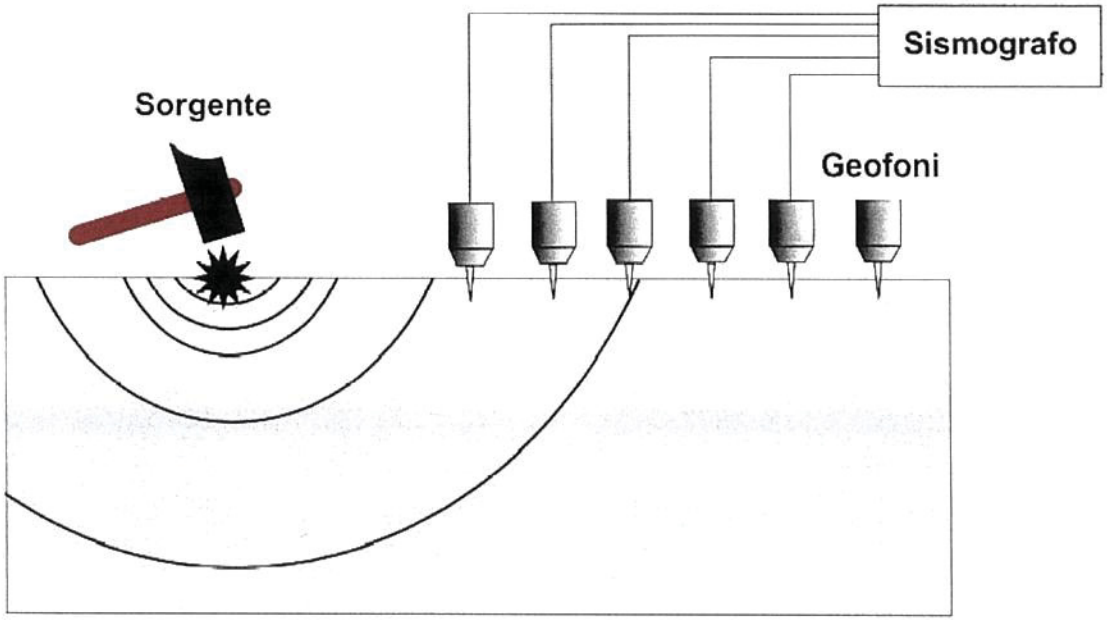
3 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

3.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione è avvenuta tramite l'utilizzo di un sismografo a 24 bit modello" ECHO 24/2010 Seismic Unit" che impiega 24 canali in registrazione.
Lo strumento viene collegato ai geofoni verticali aventi frequenza propria di 4,5 Hz, posizionati sul terreno a distanza di 2 metri. Il tempo di registrazione dello strumento è fissato in 2 secondi. Gli offset di energizzazione sono pari a 5 e 10 metri e le acquisizioni vengono ripetute su entrambi i lati dello stendimento al fine di verificare l'effettiva presenza di strati piano paralleli.
Di seguito si elencano le caratteristiche tecniche della strumentazione impiegata:

Number of channels:	24+1
A/D Conversion:	24 bits
Dynamic range:	130 dB @ 1ms PG=0 dB 120 dB @ 1ms PG=18 dB
Cross talk:	>90 db
Preamplify gain:	0 db, 6 db, 12 db, 24 db, 30 db, 36 db
Frequency response:	0 to 6 KHz (30kSPS) 0 to 4,8 KHz (15kSPS) 0 to 3 KHZ (7,5kSPS) 0 to 1,5 Khz (3,5kSPS) 0 to 800Hz (2kSPS) 0 to 400Hz (1kSPS)
Acquisition and display filter:	Low Cut Out 10.15.25.35.50.70.100.200.280.400 Hz
Sampling interval:	32us,64us,128us,256us,480us,960us
Record length:	16000 samples
Stacking trigger accuracy:	1/32 of samples interval
Distorsion (THD):	0,0004 %
Max input signal:	2Vpp, Odb
Common Mode Rejection:	110 dB
Noise:	0,25 uV, 2ms, 36 Db
Pre-trigger data:	524 ms @ 32 us sample interval
Delay:	0 to 2500 ms step 10 ms
Temperature range:	-30°C/+70°C
Power:	12 Volts
Continuos recording:	HVSR
Output format:	SEG - Y

Di seguito viene riportata una figura che illustra la disposizione dei sensori e la trasmissione dell'impulso.



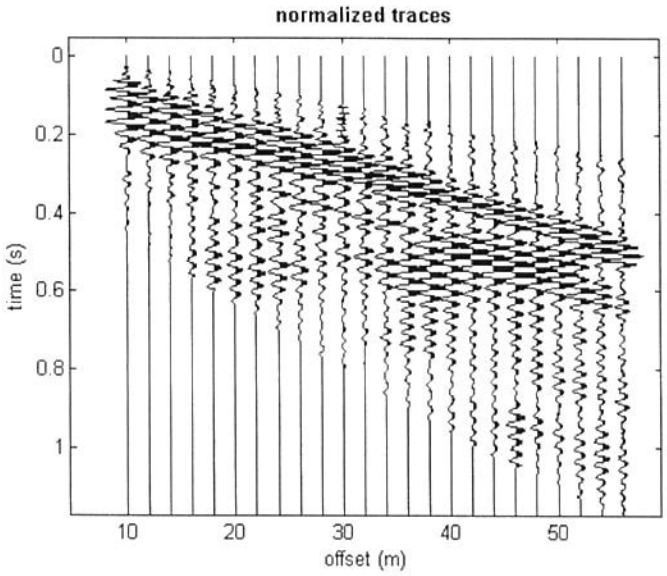
3.2 INTERPRETAZIONE DEI DATI

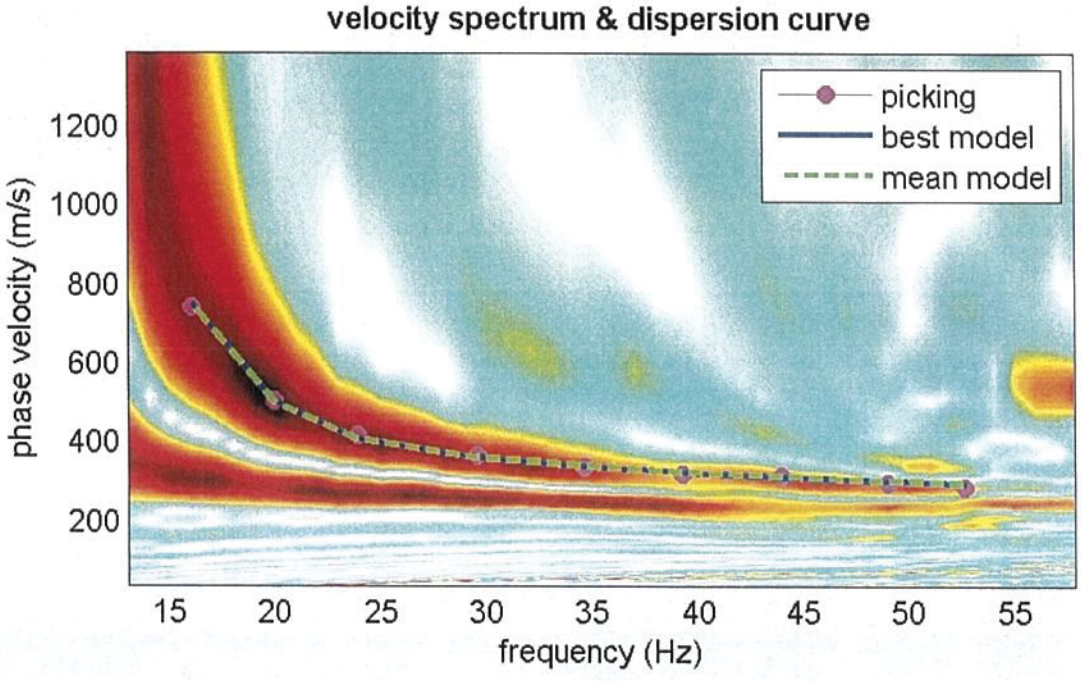
La procedura elaborativa prevede, sinteticamente, i seguenti passi:

- Trasformazione dei files in formato compatibile
- Immissione delle geometrie di acquisizione dei dati (sorgente e ricettori)
- Generazione dell'immagine di dispersione
- Analisi della curva di dispersione (picking)
- Verifica dei modi
- Modellazione e/o inversione
- Calcolo del parametro Vs30 dal profilo delle velocità di taglio

Il software utilizzato per l'interpretazione è WinMASW 4.1.1 Pro (Eliosoft).

Di seguito un esempio di acquisizione da cui si ottiene la curva di dispersione, ossia lo spettro di velocità calcolato a partire dalle tracce registrate sui geofoni dello stendimento. Viene riportato anche il piccaggio per la modellazione e/o inversione.

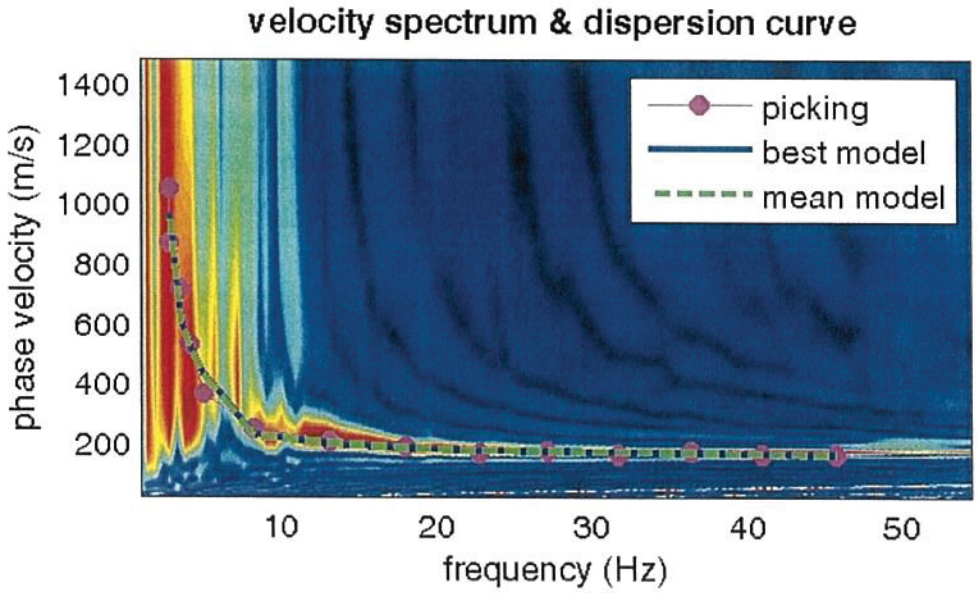




4 - RISULTATI

L'ubicazione della prova è riportata nel disegno n. 6229/4A.

L'immagine successiva propone la curva di dispersione ossia lo spettro di velocità calcolato a partire dalle tracce registrate.

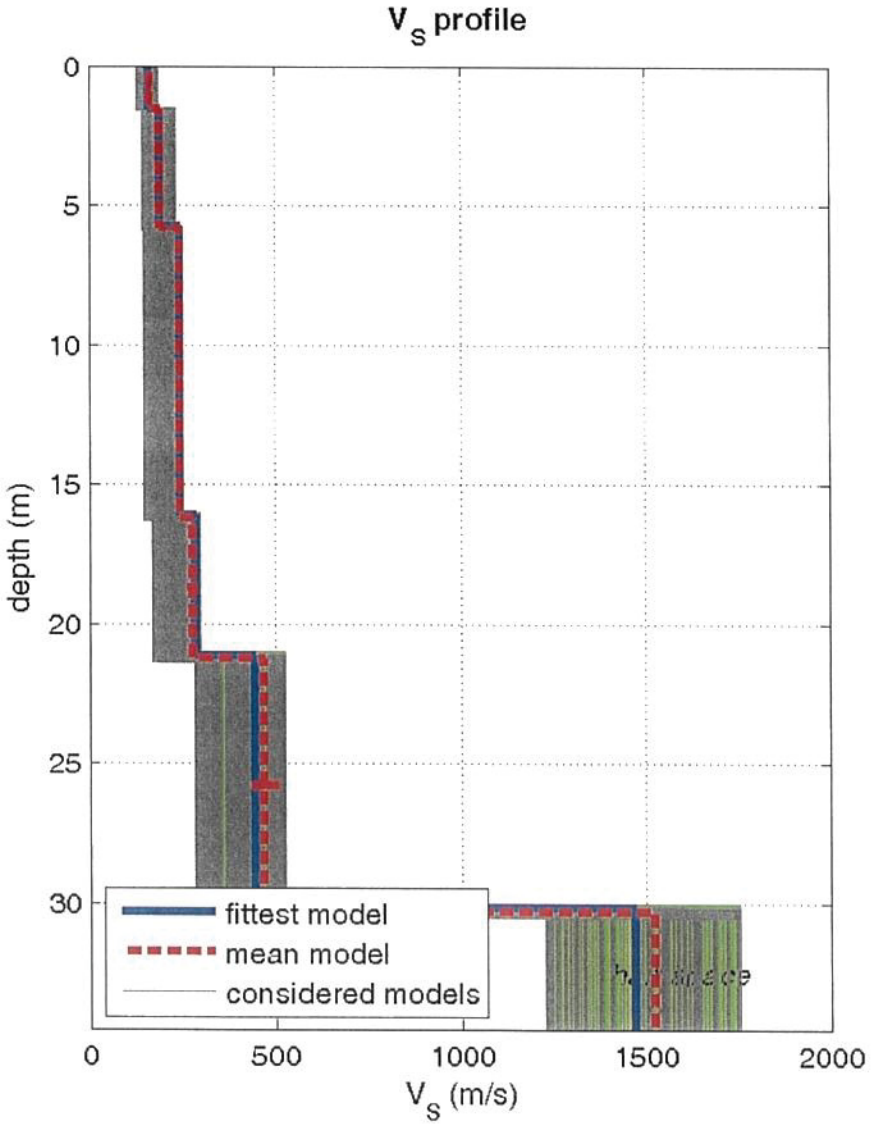


Spettro velocità sezione Masw

Il picking della curva e la modellazione diretta e/o dal processo di inversione, portano all'ottenimento della curva di dispersione interpretata e, di conseguenza, al profilo verticale delle onde di taglio Vs da cui si ricava il parametro Vs30 richiesto dalla normativa.

E' da tenere in considerazione che molteplici modelli di distribuzione delle velocità delle onde di taglio portano al medesimo risultato del parametro Vs30, ciò significa che senza un'opportuna disponibilità di dati stratigrafici attendibili il parametro di legge risulterà significativo, ma la distribuzione delle velocità sarà solamente indicativa.
Il grafico sotto riportato invece mostra il modello del profilo verticale Vs scelto come rappresentativo del singolo punto indagato.

Masw 2	Vs30 = 270 m/s



5 - CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

L'analisi delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare i profili verticali della Vs e, di conseguenza, il parametro Vs30 per ciascun punto d'indagine.

La tabella sotto riportata mostra il valore Vs30 calcolato e la classe di suolo di appartenenza rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008, ex DM 14 settembre 2005).

Nome prova	Vs30	Classe suolo
Masw 2	**270**	**C**

"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Bibliografia:

Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P.,2007,Rayleigh Wave Dispersion Curve Inversion via Genetic Algorithms and Posterior Probabilità Density Evaluation, J. Appl. Geophysics, 61, 39-55

Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, Multichannel analysis of surface waves, Geophysics, 64, 3; 800 -808.

6 – ZONIZZAZIONI SISMICHE PREVISTE DA N.T.C.

Viene qui sotto riportata la classificazione sismica dei suoli secondo la normativa ufficiale italiana (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento Ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A – Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B – Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 <250 kPa nei terreni a grana fina).

D – Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

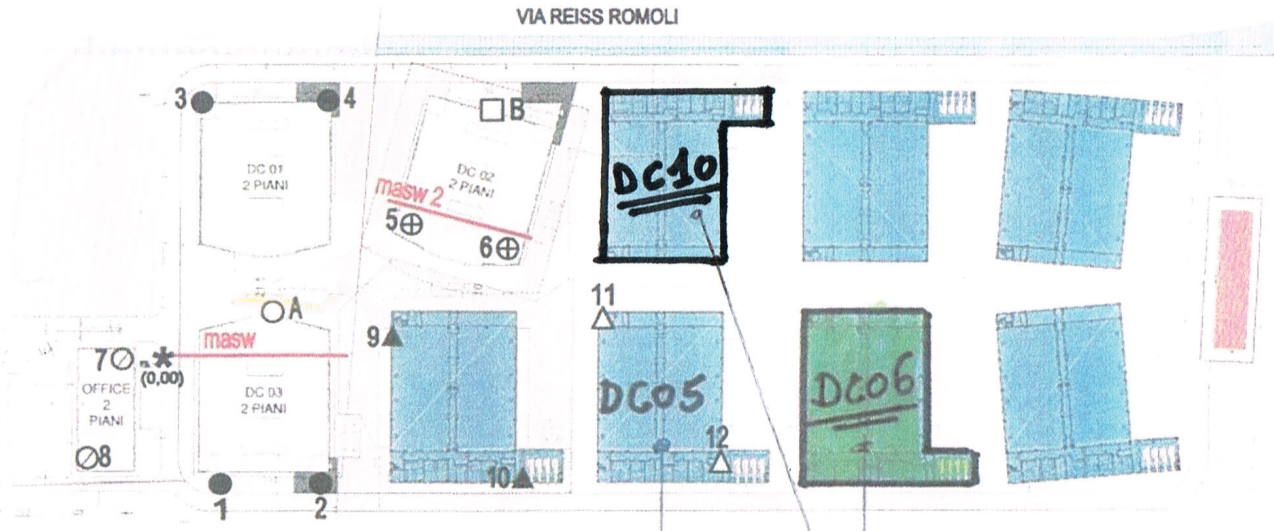
E – Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 – Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 – Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

△ Prove penetrometriche dinamiche

PLANIMETRIA
Scala 1: 2000



NUOVI EDIFICI DA REALIZZARE

IN CORSO DI REALIZZAZIONE

○ Sondaggio geognostico e geotecnico riportato nel disegno n. 6229/1A

● Prove penetrometriche dinamiche riportate nei disegni n. 6229/1A-6229/3A

Traccia masw relazione prot. n. 6229/2A

□ Sondaggio geognostico e geotecnico riportato nel disegno n. 6229/4A

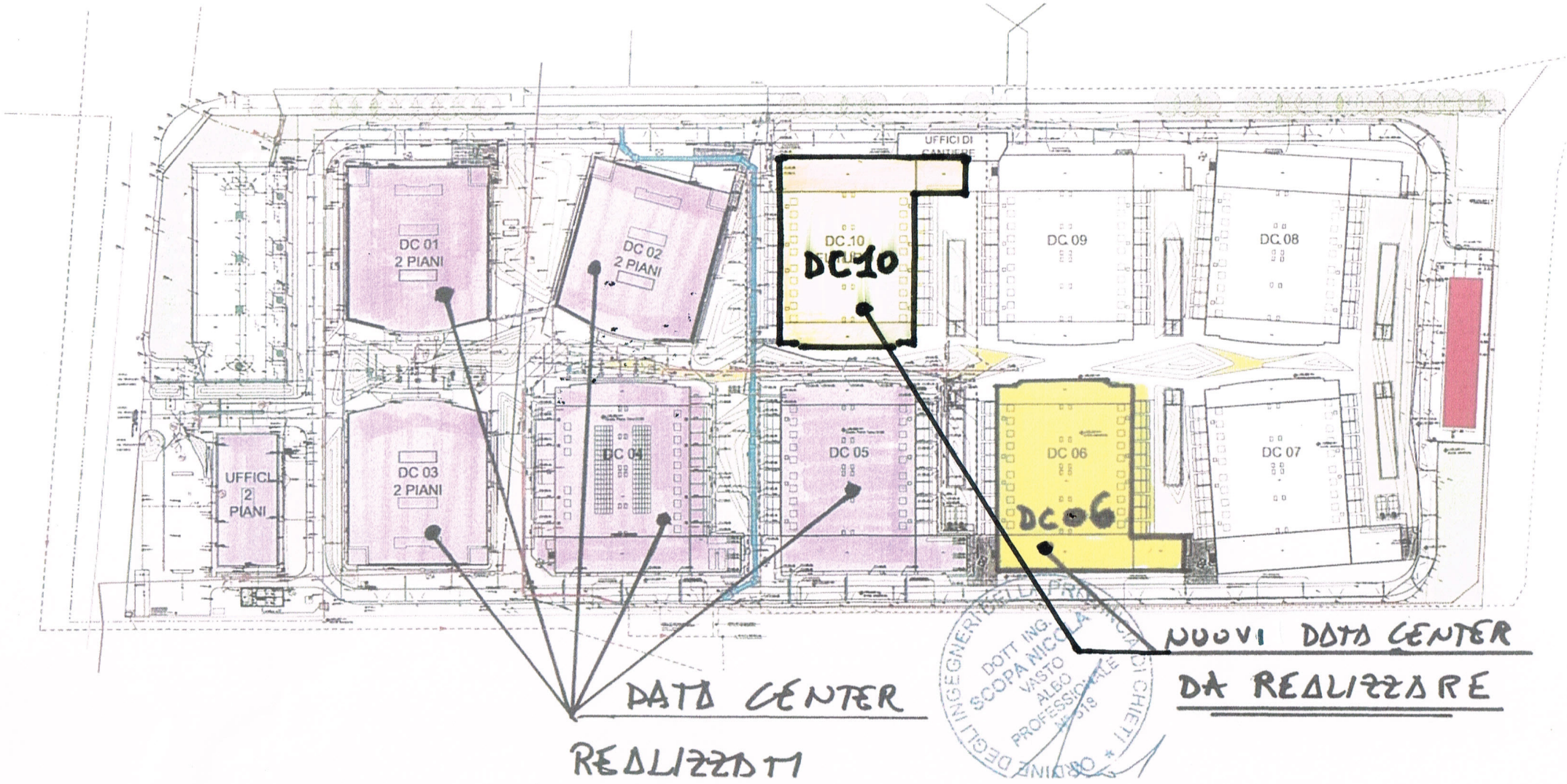
⊕ Prove penetrometriche dinamiche riportate nel disegno n. 6229/4A

Traccia masw 2 relazione prot. n. 6229/5A

⊘ Prove penetrometriche dinamiche riportate nel disegno n. 6229/6A

▲ Prove penetrometriche dinamiche riportate nel disegno n. 6229/6B

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CHIETI
DOTT. ING. SCOPA NICOLA
VASTO
ALBO PROFESSIONALE
N° 518


DC 01
2 PIANI
DC 02
2 PIANI
DC 10
DC10
DC 09
DC 08
UFFICI
2
PIANI
DC 03
2 PIANI
DC 04
DC 05
DC 06
DC06
DC 07
DATA CENTER
REALIZZATI
NUOVI DATA CENTER
DA REALIZZARE